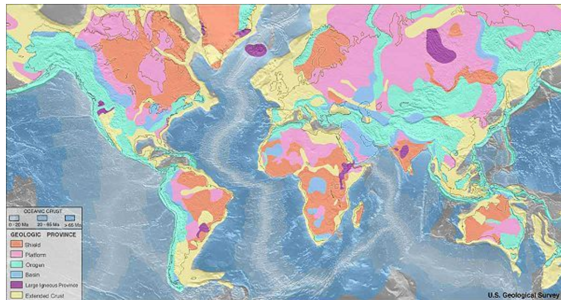
GEOLOGÍA

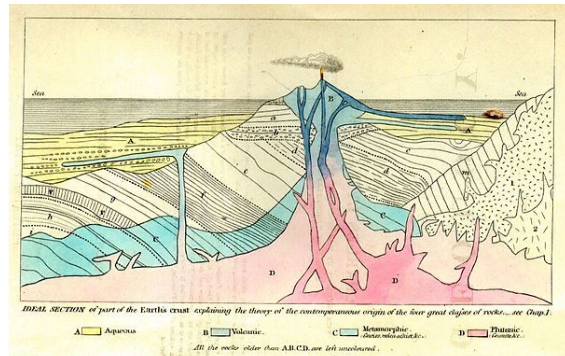
Índice general

Capítulo 1

Geología



Zonas geológicas de la Tierra (USGS.)



Frontispicio de Principios de geología *de Charles Lyell, 1830.*

La **geología** (del griego γῆ /*guê*/, 'Tierra', y -λογία /-*loguía*/, 'tratado')[1][2] es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

La misma comprende un conjunto de geociencias, así conocidas actualmente desde el punto de vista de su pedagogía, desarrollo y aplicación profesional. Ofrece testimonios esenciales para comprender la tectónica de placas, la historia de la vida a través de la paleontología, y cómo fue la evolución de esta, además de los climas del pasado. En la actualidad la geología tiene una importancia fundamental en la exploración de yacimientos minerales (minería) y de hidrocarburos (petróleo y gas natural), y la evaluación de recursos hídricos subterráneos (hidrogeología). También tiene importancia fundamental en la prevención y entendimiento de desastres naturales como remoción de masas en general, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, entre otros. Aporta conocimientos clave en la solución de problemas de contaminación medioambiental, y provee información sobre los cambios climáticos del pasado. Juega también un rol importante en la geotecnia y la ingeniería civil. También se trata de una disciplina académica con importantes ramas de investigación. Por extensión, han surgido nuevas ramas del estudio del resto de los cuerpos y materia del sistema solar (astrogeología o geología planetaria).

1.1 Historia

El estudio de la materia física de la Tierra se remonta a la Grecia antigua, cuando Teofrasto (372-287 aC) escribió la obra *Peri lithon* (*Sobre las rocas*). En la época romana, Plinio el Viejo escribió en detalle de los muchos minerales y metales que se utilizan en la práctica, y señaló correctamente el origen del ámbar.

Algunos estudiosos modernos, como Fielding H. Garrison, son de la opinión de que la geología moderna comenzó en el mundo islámico medieval. Abu al-Rayhan al-Biruni (973-1048) fue uno de los primeros geólogos musulmanes, cuyos trabajos incluían los primeros escritos sobre la geología de la India, la hipótesis de que el subcontinente indio fue una vez un mar. El erudito islámico Avicena (981-1037) propuso una explicación detallada de la formación de montañas, el origen de los terremotos, y otros temas centrales de la geología moderna, que proporcionan una base esencial para el posterior desarrollo de esta ciencia. En China, el erudito Shen Kuo (1031-1095) formuló una hipótesis para el proceso de formación de la Tierra, basado en su observación de las conchas de los animales fósiles en un estrato geológico en una montaña a cientos de kilómetros del mar, logró inferir que la Tierra se formó por la erosión de las montañas y por la deposición de sedimentos.

Durante los primeros siglos de exploración europea[3] se inició una etapa de conocimiento mucho más detallado de los continentes y océanos. Los exploradores es-

pañoles y portugueses acumularon, por ejemplo, un detallado conocimiento del campo magnético terrestre y en 1596, Abraham Ortelius vislumbra ya la hipótesis de la deriva continental, precursora de la teoría de la tectónica de placas, comparando las costas de Sudamérica y África.[*cita requerida*]

A Nicolás Steno (1638-1686) se le atribuye el Principio de la superposición de estratos, el principio de la horizontalidad original, y el principio de la continuidad lateral: tres principios que definen la estratigrafía.

Richard de Bury (1287-1345), en un libro titulado “Philobiblon” (o “El amor a los libros”), utilizó por primera vez el término “geologia”, o ciencia terrenal. Sin embargo, no parece que el término fuese usado para definir una ciencia cuyo objeto de estudio fuese la Tierra, sino más bien el término “ciencia terrenal” aparece por oposición al término “teología” u otros términos con connotaciones espirituales.

El naturalista italiano Ulisse Aldovrandi (1522-1605) usó por primera vez la palabra “geología”, con un sentido próximo al que tiene actualmente, en un manuscrito encontrado después de su muerte. Consideró la geología como la ciencia que se ocupa del estudio de los “fósiles”, pero hay que tener en cuenta que el término “fósil” incluía también en aquellos tiempos los minerales y las rocas. Posteriormente, en 1657 aparece un trabajo de Mickel Pederson Eschilt, escrito en danés, y titulado “Geologia Norwegica”, en el que estudió un terremoto que afectó a la parte sur de Noruega. En 1661, Robert Lovell (1630-1690), escribió una “Universal History of Minerals” (“Historia Universal de los Minerales”), una de cuyas partes denominó con el nombre latinizado de “Geologia”. Después esta palabra fue usada por Fabrizio Sessa en 1687, en su trabajo titulado “Geologia -nella quale se spiega che la Terre e non le Stelle influisca né suaoi corpi terrestre”, afirmando que “la geología es verdaderamente la que habla de la Tierra y de sus influencias”. Erasmus Warren, en 1690, publicó un libro titulado “Geologia or a Discourse concerning the Earth before the Deluge” (“Geología, o un discurso concerniente a la Tierra antes del diluvio”); no obstante, el término “Geología” aparece sólo en el título de la obra, no encontrándose después en el texto. La palabra *Geología* fue establecida definitivamente como un término de uso general por Jean-André Deluc en 1778 y Horace-Bénédict de Saussure en 1779.

William Smith (1769-1839) dibujó algunos de los primeros mapas geológicos y comenzó el proceso de ordenar cronológicamente los estratos rocosos mediante el estudio de los fósiles contenidos en ellos.

James Hutton es a menudo visto como el primer geólogo moderno. En 1785 presentó un documento titulado *Teoría de la Tierra* para la Sociedad Real de Edimburgo. En su ponencia, explicó su teoría de que la Tierra debía de ser mucho más antigua de lo que se suponía, con el fin de permitir el tiempo suficiente para que las montañas puedan haber sido erosionadas y para que los sedimentos logren formar nuevas rocas en el fondo del mar, y estos a su vez afloren a la superficie para poder convertirse en tierra seca. Hutton publicó una versión de dos volúmenes de sus ideas en 1795.

Los seguidores de Hutton fueron conocidos como *plutonistas* porque creían que algunas rocas se formaron por volcanismo, que es la deposición de lava de los volcanes, a diferencia de la *neptunistas*, quienes creían que todas las rocas se habían formado en el interior de un gran océano cuyo nivel disminuyó gradualmente con el tiempo.

Charles Lyell publicó su famoso libro *Principios de geología* en 1830. El libro, que influyó en el pensamiento de Charles Darwin, promovió con éxito la doctrina del uniformismo. Esta teoría afirma que los procesos geológicos que han ocurrido a lo largo de la historia de la Tierra, aún se están produciendo en la actualidad. Por el contrario, el catastrofismo es la teoría que indica que las características de la Tierra se formaron en diferentes eventos individuales, catastróficos, y que la tierra se mantuvo sin cambios a partir de entonces. Aunque Hutton creyó en el uniformismo, la idea no fue ampliamente aceptada en el momento.

Gran parte de la geología del siglo XIX giró en torno a la cuestión de la edad exacta de la Tierra. Las estimaciones variaban enormemente de unos pocos cientos de miles, a miles de millones de años. En el siglo XX, la datación radiométrica permitió que la edad de la Tierra se estimase en aproximadamente dos mil millones de años. La conciencia de esta enorme cantidad de tiempo abrió la puerta a nuevas teorías sobre los procesos que dieron forma al planeta. Hoy en día se sabe que la Tierra tiene aproximadamente 4500 millones de años.

Los avances más importantes en la geología del siglo XX han sido el desarrollo de la teoría de la tectónica de placas en la década de 1960, y el refinamiento de las estimaciones de la edad del planeta. La teoría de la tectónica de placas surgió a partir de dos observaciones geológicas por separado: La expansión del fondo oceánico y la deriva continental. La teoría revolucionó completamente las ciencias de la Tierra.

1.2 Tiempo Geológico

La escala del tiempo geológico abarca toda la historia de la Tierra. Se encuentra enmarcada a lo largo de aproximadamente 4.567 Ga (Gigaannum, mil millones de años), en que se dataron los primeros materiales acrecionados del sistema solar, dando la edad de la tierra en 4.54 Ga, al comienzo del Eon Hádico (no oficialmente reconocido). Al final de la escala, se toma el día presente incluido en el Cuaternario Holoceno.

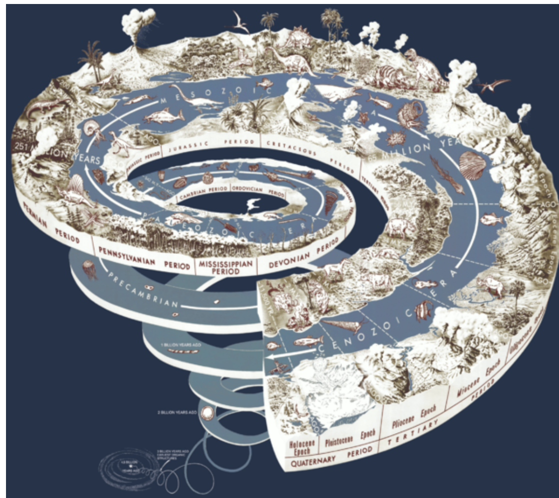


Diagrama de la escala de tiempo geológico.

1.2.1 Hitos importantes

- 4.567 Ga: Formación del Sistema Solar.
- 4.54 Ga: Formación de la Tierra.
- c. 4 Ga: Fin del Bombardeo intenso tardío, primeras evidencias de vida.
- c. 3.5 Ga: Inicio de la Fotosíntesis.
- c. 2.3 Ga: Atmósfera oxigenada, primera Glaciación global
- 730–635 Ma: segunda Glaciación global.
- 542± 0.3 Ma: Explosión cámbrica – Gran multiplicación de organismos vivos; primer registro fósil en abundancia; inicio del Paleozoico.
- c. 380 Ma: Primeros vertebrados terrestres.
- 250 Ma: Extinción masiva del Pérmico-Triásico – Al menos el 90 % de todos los animales en tierra mueren; fin del Paleozoico y comienzo del Mesozoico.
- 65 Ma: Extinción masiva del Cretácico-Terciario – Desaparecen los dinosaurios; fin del Mesozoico y comienzo del Cenozoico.
- c. 7 Ma: Aparición de los homínidos.
- 3.9 Ma: Aparición del *Australopithecus*, ancestro directo del *Homo sapiens*.
- 200 ka: Aparición del primer *Homo sapiens* moderno en el Este de África.

1.3 Disciplinas de la geología

Actualmente la Geología comprende distintas ciencias o disciplinas, que configuran los planes formativos educativos universitarios o profesionales. Estas pueden estructurarse en los siguientes:

1.3.1 Cristalografía



Cristales de cuarzo de Minas Gerais, Brasil.

La cristalografía es la ciencia geológica que se dedica al estudio científico de los cristales, definidos como "*sólidos con una estructura interna formada por átomos, iones o moléculas ordenados periódicamente*". Para ello, es necesario conocer, por un lado, la estructura que presentan las partículas constituyentes del cristal; y por otro lado, es importante determinar su composición química.[4] Los estudios de la estructura se apoyan fuertemente en el análisis de los patrones de difracción que surgen de una muestra cristalina al irradiarla con un haz de rayos X, neutrones o electrones. La estructura cristalina también puede ser estudiada por medio de microscopía electrónica.

1.3.2 Espeleología

La espeleología, es una ciencia que estudia la morfología y formaciones geológicas (espeleotemas) de las cavidades naturales del subsuelo. En ella se investigan, cartografían y catalogan todo tipo de descubrimientos en cuevas. Forma parte de la Geomorfología y sirve de apoyo a la Hidrogeología (Geodinámica externa). Suele ser considerada actualmente más bien un deporte, como anunciaba Noel Llopis Lladó en 1954, que la auténtica espeleología peligraba ya que existía un “confusionismo” entre el deporte (Espeleismo) y la ciencia (Espeleología).



Estratos.



Intrusión de rocas ígneas.

1.3.3 Estratigrafía

La estratigrafía es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas estratificadas, y de su identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal; cartografía y correlación de las unidades estratificadas de las rocas.

1.3.4 Geología del petróleo

En la geología del petróleo se combinan diversos métodos o técnicas exploratorias para seleccionar las mejores oportunidades o "plays" para encontrar hidrocarburos (petróleo y gas).

1.3.5 Geología económica

La geología económica se encarga del estudio de las rocas con el fin de encontrar depósitos minerales que puedan ser explotados por el hombre con un beneficio práctico o económico. La explotación de estos recursos es conocida como minería.

1.3.6 Geología estructural

La geología estructural es la rama de la geología que se dedica a estudiar la corteza terrestre, sus estructuras y su relación en las rocas que las contienen. Estudia la geometría de las formaciones rocosas y la posición en que aparecen en superficie. Interpreta y entiende el comportamiento de la corteza terrestre ante los esfuerzos tectónicos y su relación espacial, determinando la deformación que se produce, y la geometría subsuperficial de estas estructuras.

1.3.7 Gemología

La gemología es en sentido amplio una rama de la mineralogía que se dedica específicamente al estudio, identificación, análisis y evaluación de las piedras preciosas o gemas.[5] Una tarea central de la gemología es poner a disposición métodos y procedimientos rigurosos que permitan distinguir las gemas naturales de sus imitaciones y versiones sintéticas. Entre estos procedimientos se cuentan las mediciones realizadas con distintos instrumentos y aparatos (por ejemplo, mediciones cristalográficas y fotométricas, microscopía, espectroscopía, análisis de difracción por rayos X, etc). Debido al valor de las piezas estudiadas, prescinde de aquellos métodos mineralógicos que requieren de la extracción de muestras y utiliza solo aquellos procedimientos que las conservan intactas.

1.3.8 Geología histórica

La geología histórica es la rama de la geología que estudia las transformaciones que ha sufrido la Tierra desde su formación, hace unos 4.540 millones de años,[6] hasta el presente. Para establecer un marco temporal absoluto, los geólogos han desarrollado una cronología a escala planetaria dividida en eones, eras, periodos, épocas y edades, vinculada a su vez con una escala relativa, dividida en eonotemas, eratemas, sistemas, series y pisos que se corresponden uno a uno con los anteriores. Estas escalas se basan en los grandes eventos biológicos y geológicos.

1.3.9 Geología planetaria

La astrogeología, también llamada geología planetaria o exogeología, es una disciplina científica que trata de la geología de los cuerpos celestes (planetas y sus satélites, asteroides, cometas y meteoritos).

1.3.10 Geología regional

La geología regional es una rama de las ciencias geológicas que se ocupa de la configuración geológica de cada continente, país, región o de zonas determinadas de la Tierra.

1.3.11 Geomorfología



La geomorfología describe el relieve terrestre.

La Geomorfología tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, continental y marino, como resultado de la interferencia de los agentes morfodinámicos sobre la superficie terrestre. Se puede subdividir, a su vez, en tres vertientes: G. Estructural que trata de la caracterización y génesis de las "formas del relieve", como unidades de estudio. La G. Dinámica, sobre la caracterización y explicación de los procesos de erosión y meteorización por los principales agentes (gravedad y agua). Y la G. Climática, sobre la influencia del clima sobre la morfogénesis (dominios morfoclimáticos).

1.3.12 Geoquímica

La geoquímica es la rama de la geología que estudia la composición y el comportamiento químico de la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa de los elementos químicos, distribución y migración de los elementos entre las diferentes partes que conforman la Tierra (hidrosfera, atmósfera, biosfera y litosfera) utilizando como principales muestras minerales y rocas componentes de la corteza terrestre, intentando determinar las leyes o principios en las cuales se basa tal distribución y migración.

En 1923 el químico V.W Goldschmidth clasificó los elementos químicos en función a su historia geológica de la siguiente forma: «atmósfilos» que forman la atmósfera como son los gases, «calcófilos» como son las arenas y cristales (silicatos y carbonatos), «litófilos» corteza son sencillos como sulfuros, y «siderófilos» que son metales que se conservan puros.

1.3.13 Geofísica

La geofísica estudia la Tierra desde el punto de vista de la física y su objeto de estudio está formado por todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, tsunamis, etc.) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).

1.3.14 Hidrogeología

La hidrogeología es una rama de las ciencias geológicas que estudia las aguas subterráneas en lo relacionado con su origen, su circulación, sus condicionamientos geológicos, su interacción con los suelos, rocas y humedales (freatogénicos); su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas) y su captación.

1.3.15 Mineralogía



Hematita, mena del hierro.

La mineralogía es la rama de la geología que estudia la sistemática y las propiedades físicas y químicas de los minerales que se encuentran en el planeta en sus diferentes estados de agregación. Un mineral es un sólido inorgánico de origen natural, que presenta una composición química definida, además tiene una estructura cristalina. Una observación importante es el caso del mercurio que, debido a la disposición de sus átomos, es un mineraloide. Los minerales aportan al ser humano los elementos químicos imprescindibles para sus actividades industriales.

1.3.16 Paleontología



Esqueleto de T. rex.

La Paleontología es la ciencia que estudia e interpreta el pasado de la vida sobre la Tierra a través de los fósiles. Parte de sus fundamentos y métodos son compartidos con la Biología. Se subdivide en Paleobiología, Tafonomía y Biocronología y aporta información necesaria a otras disciplinas (estudio de la evolución de los seres vivos, bioestratigrafía, paleogeografía o paleoclimatología, entre otras).

1.3.17 Petrología

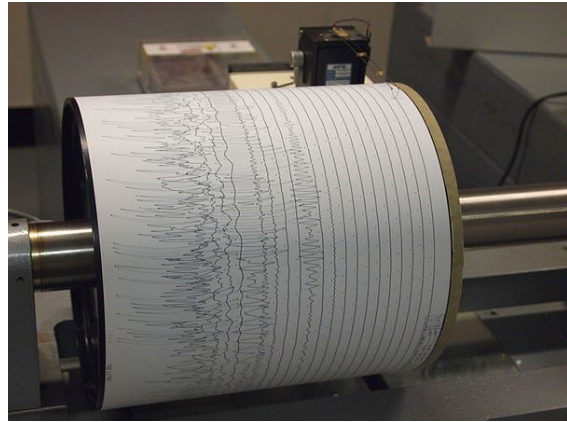
La petrología es la rama de la geología que consiste en el estudio de las propiedades físicas, químicas, mineralógicas, espaciales y cronológicas de las asociaciones rocosas y de los procesos responsables de su formación. La petrografía, disciplina relacionada, trata de la descripción y las características de las rocas cristalinas determinadas por examen microscópico con luz polarizada.

1.3.18 Sedimentología

La sedimentología es la rama de la geología que se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y depósito de materiales que se acumulan como sedimentos en ambientes continentales y marinos y que normalmente forman rocas sedimentarias. Trata de interpretar y reconstruir los ambientes sedimentarios del pasado. Se encuentra estrechamente ligada a la estratigrafía, si bien su propósito es el de interpretar los procesos y ambientes de formación de las rocas sedimentarias y no el de describirlas como en el caso de aquella.

1.3.19 Sismología

La sismología es la rama de la geofísica que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas elásticas (sísmicas), que estos generan, por el interior y la superficie de la Tierra. Un fenómeno que también es de interés es el proceso de ruptura de rocas, ya que este es causante de la liberación de ondas sísmicas. La sismología también incluye el estudio de las marejadas asociadas (maremotos o *tsunamis*) y los movimientos sísmicos previos a erupciones volcánicas.



Sismograma.

1.3.20 Tectónica

La tectónica de placas es el estudio geológico-estructural a escala regional, donde se analiza no solo la mecánica sino la dinámica de la litosfera para lograr dar una explicación a las deformaciones y formaciones estructurales como lo son las placas tectónicas. Estudia las megadeformaciones a niveles corticales en ambientes continentales y oceánicos para lograr entender la formación de la Tierra y como evoluciona constantemente. El estudio de la tectónica se diversifica en otras áreas de la ciencia como el paleomagnetismo, la sismología y la termodinámica interna de la Tierra.

1.3.21 Vulcanología

La vulcanología es el estudio de los volcanes, la lava, el magma y otros fenómenos geológicos relacionados. El término vulcanología viene de la palabra latina Vulcānus, Vulcano, el dios romano del fuego. Un volcanólogo es un estudioso de este campo. Los volcanólogos visitan los volcanes, en especial los que están activos, para observar las erupciones volcánicas, recoger restos volcánicos como el tephra (ceniza o piedra pómez), rocas y muestras de lava. Una vía de investigación mayoritaria es la predicción de las erupciones; actualmente no hay manera de realizar dichas predicciones, pero prever los volcanes, al igual que prever los terremotos, puede llegar a salvar muchas vidas.

1.4 Departamentos o cátedras de la carrera de ciencias geológicas

Debido a la gran diversidad de disciplinas o “ciencias” geológicas, estas se agrupan en distintas unidades de enseñanza independientes, donde se lleva a cabo una mejor organización modular de la propia enseñanza e investigación de la Geología sobre las distintas “ciencias” que comprende. Una de las estructuras generales en como se componen estos departamentos, es:

- Dpto. de Cristalografía y Mineralogía (incluye mineralogía de las gemas)
- Dpto. de Estratigrafía y Sedimentología
- Dpto. de Geodinámica. Que se subdivide, a su vez en:
  - Geodinámica Interna (geología estructural, geología histórica, tectónica; geofísica y sismología)
  - Geodinámica Externa (geomorfología, hidrogeología y geotecnia; geología económica y del petróleo)
- Dpto. de Paleontología
- Dpto. de Petrología y Geoquímica (incluye vulcanología y geología planetaria)

1.5 Geólogo



Herramientas de geólogo: martillo y lupa.

Un geólogo es una persona especialista y profesional en el estudio, observación o experimentación relacionados con la Tierra, su composición, estructura, dinámica, origen y evolución.

Un geólogo se destaca por poseer las siguientes competencias:

- Realiza estudios petrográficos y análisis químicos para determinar el origen, composición y evolución de las rocas, aplicando los conocimientos adquiridos en su formación.
- Establece la Estratigrafía de una región y análisis estructural para establecer el orden de depositación de las unidades geológicas en una región y para definir tanto las macro-estructuras como las microestructuras, con el fin de predecir la evolución tectónica de dicha región.
- Elabora la Geomorfología, Morfometría y Morfotectónica para establecer las formas del relieve de una región, y los factores que las formaron que le permitan identificar las áreas de mayor energía, límites de cuencas, erodabilidad y desarrollar su actividad profesional con un sentido de servicio a la sociedad y con apego a su calidad y apego profesional.
- Efectúa estudios geoquímicos y geofísicos para determinar tanto el contenido de especies iónicas en aguas superficiales, subterráneas, hidrotermales, como la composición química de rocas, y sus aplicaciones en evolución geoquímica de aguas naturales y en prospección mineral. Determina las propiedades físicas de la corteza terrestre, el profesional se mantiene crítico ante el avance científico y el desarrollo de su entorno.
- Diseña estudios de prospección y exploración de minerales realiza análisis para determinar áreas con posibilidades de depósitos minerales, y la cuantificación. Las técnicas y las determinaciones de parámetros son: muestras tomadas, kilómetros cuadrados explorados, metros perforados, eficiencia de la perforación, ley de las muestras ensayadas y costos unitarios.
- Elabora estudios de aguas subterráneas y calidad del agua, define el proceso o procesos económicos necesarios para definir los depósitos, extraer y administrar los recursos hídricos del subsuelo con respeto así mismo, a los demás y al medio ambiente.
- Diseña estudios geotécnicos para conocer las propiedades físicas de suelos y rocas para determinar zonas de riesgo o problemas de subsidencia y fallamiento activo.
- Realiza la planeación, diseño y desarrollo de proyectos geológicos para planear, diseñar y desarrollar estudios de geología general y aplicada, las cuales resolverán problemas específicos o se realizarán tareas determinadas dentro de un proceso u operación unitarias.[7]

1.6 Véase también

- Ciencias de la Tierra

- Escala temporal geológica
- Tectónica de placas
- Anexo:Definiciones usuales en geología

1.7 Referencias

[1] Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2014). «geo-». *Diccionario de la lengua española* (23.ª edición). Madrid: Espasa. ISBN 978-84-670-4189-7.

[2] Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2014). «-logía». *Diccionario de la lengua española* (23.ª edición). Madrid: Espasa. ISBN 978-84-670-4189-7.

[3] Alvarez & Leitao, 2010. The neglected early history of geology: The Copernican Revolution as a major advance in understanding the Earth. Geology, March 2010, v. 38, p.231-234,

[4] López-Acevedo Cornejo, Victoria (1993). «Introducción». *Modelos en Cristalografía*. Pág. 9: Varona. p. 233. ISBN 8460476626.

[5] Solans Huguet, Joaquín (1984). *Gemas de ayer, de hoy y de mañana: introducción al estudio de las piedras preciosas*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona. p. 35. ISBN 9788475281353. Consultado el 28 de marzo de 2014.

[6] USGS. «Age of the Earth» (en inglés). Consultado el 11 de abril de 2014.

[7] «Ingeniero Geólogo». *www.ugto.mx* (en inglés). Consultado el 2017-05-21.

1.8 Bibliografía

- Oldroyd, David (2004). «La “Teoría de la Tierra” de James Hutton (1788)» (PDF). En David Brusi. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* **12** (2): 114-116. ISSN 1132-9157.

1.9 Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Geología**. Commons
- Wikiquote alberga frases célebres de o sobre **Geología**. Wikiquote
- Wikinoticias tiene noticias relacionadas con **Geología**.Wikinoticias
- Unión Internacional de Ciencias Geológicas - International Union of Geological Sciences (IUGS)
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
- Estudios Geológicos, Revista del Museo Nacional de Ciencias Naturales (España), CSIC
- Diccionario de Geología (Español/Inglés) - Mineriaenlinea.com
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS)
- TIERRA Red Temática de Ciencias de la Tierra
- Revista de la Asociación Geológica Argentina
- Geología, Minería y Petróleo del Perú
- Portal de Geología en Español
- Universidad Nacional de Colombia. Manual de Geología para Ingenieros(2003)

Capítulo 2

Tiempo geológico

El **tiempo geológico** del planeta se divide y distribuye en intervalos de tiempo caracterizados por acontecimientos importantes de la historia de la Tierra y de la vida. Como la edad de la Tierra es de aproximadamente 4600 millones de años, cuando se habla de tiempo geológico suele expresarse casi siempre en millones de años y siempre referidos a «antes del presente».

Las unidades usadas para dividir el tiempo geológico son de dos tipos: las referidas a tiempo relativo (unidades geocronológicas), que ordenan cronológicamente los acontecimientos geológicos, y las referidas a tiempo absoluto (unidades geocronométricas), expresadas en valores absolutos, en millones de años (Ma).

2.1 Unidades geocronológicas

Las unidades geocronológicas son unidades de tiempo basadas en las unidades cronoestratigráficas. Las unidades cronoestratigráficas dividen las rocas de la Tierra ordenadas cronológicamente, reflejando los principales eventos geológicos, biológicos y climáticos que han ido sucediéndose a lo largo del tiempo. Los nombres de las unidades cronoestratigráficas comparten el mismo nombre con las equivalentes geocronológicas, salvo que los nombres derivados de su posición estratigráfica relativa —inferior, medio y superior— se trasladan como temprano, medio y tardío. Por ejemplo la **serie** Cretácico superior es equivalente a la **época** Cretácico tardío.[1]

Las unidades geocronológicas se corresponden una a una con las cronoestratigráficas y se ordenan, en orden descendente de jerarquía, de la siguiente manera: eón, era, periodo, época, edad y cron.[2]

2.2 Unidades geocronométricas

Desde que se han podido datar las rocas con valores absolutos (en cifras expresadas en millones de años), se han ido ajustando con cierta precisión las dataciones de los límites de las unidades geocronológicas, dependiendo de los métodos usados. Todas las unidades geocronológicas —y por tanto sus equivalentes cronoestratigráficas— para las que han podido precisarse sus límites pasan a ser también unidades geocronométricas.[3] En la práctica no suele expresarse el carácter geocronométrico de estas unidades, dando a entender erróneamente que el valor en años corresponde a las unidades geocronológicas.

Para los tiempos precámbricos la mayoría de las unidades son exclusivamente geocronométricas, y se han definido por límites más o menos arbitrarios de tiempo acordados internacionalmente.

2.3 Métodos de datación

Los métodos pueden ser relativos, que recurren a la ordenación en el tiempo de los materiales según su posición en el medio terrestre, por el principio de la superposición de estratos, o absolutos, basados en la datación por isótopos radiactivos, que dan medidas en millones de años.

2.4 Escala del tiempo geológico

La escala de tiempo geológico es el marco de referencia para representar los eventos de la Historia de la Tierra y de la vida ordenados cronológicamente. Establece divisiones y subdivisiones de las rocas según su edad relativa y del tiempo absoluto transcurrido desde la formación de la Tierra hasta la actualidad.

Los siguientes diagramas muestran la duración a escala de las principales divisiones. El primer y segundo cronograma representan, cada uno, subsecciones de la parte marcada con asteriscos en el que tienen inmediatamente debajo. El tercero y último representa todo el tiempo geológico, desde el origen de Tierra hasta la actualidad.

Millones de años

2.5 Véase también

- Geología histórica
- Datación

- Escala temporal geológica
- Edad de la Tierra

2.6 Referencias

[1] Comisión Estratigráfica Internacional «Chapter 9. Chronostratigraphic Units». En: *International stratigraphic guide*.

[2] Agueda, J.; Anguita, F.; Araña, V.; López Ruiz, J. y Sánchez de la Torre, L. (1977). *Geología*. Madrid: Editorial Rueda, S.L. p. 448. ISBN 84-7207-009-3.

[3] Commission on Stratigraphy and Chronology Geochronometry. International Union for Quaternary Research

2.7 Enlaces externos

- Cohen, K. M.; Finney, S. & Gibbard, P. L. (2012). «International Chronostratigraphic Chart» (en inglés). Comisión Estratigráfica Internacional. Archivado desde el original el 27 de noviembre de 2015. Consultado el 10 de noviembre de 2012.
- http://es.scribd.com/doc/40015071/El-tiempo-en-la-Geologia-Las-eras-periodos-y-epocas

Capítulo 3

Geología histórica

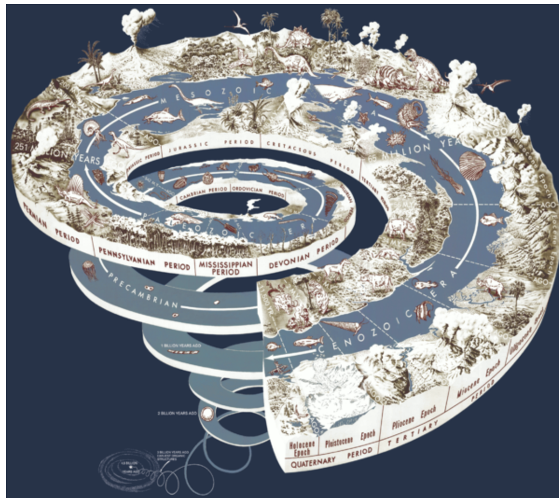


Diagrama de la escala de tiempo geológico.



Fósil de trilobites.

La **geología histórica** es la rama de la geología que estudia las transformaciones que ha experimentado la Tierra desde su formación, hace unos 4.570 millones de años, hasta el presente. Para establecer un marco temporal relativo, los geólogos han ordenado las rocas en una secuencia continua de unidades cronoestratigráficas a escala planetaria, dividida en eonotemas, eratemas, sistemas, series y pisos, basada en la estratigrafía, esto es, en el estudio e interpretación de los estratos, apoyada en los grandes eventos biológicos y geológicos. Por ejemplo, la transición entre Pérmico y Triásico se establece en función de un evento de extinción masiva. Las divisiones anteriores tienen sus equivalentes temporales, una a una, en una escala de unidades geocronológicas: eones, eras, períodos, épocas y edades respectivamente. Las dataciones por radioisótopos han permitido la datación absoluta (años) de la mayoría de las divisiones establecidas, definiendo las unidades geocronométricas equivalentes. Las etapas de la Tierra anteriores al Fanerozoico, de las que no se dispone de registro fósil adecuado, son definidas cronométricamente, esto es, fijando un valor de tiempo absoluto.

3.1 Terminología

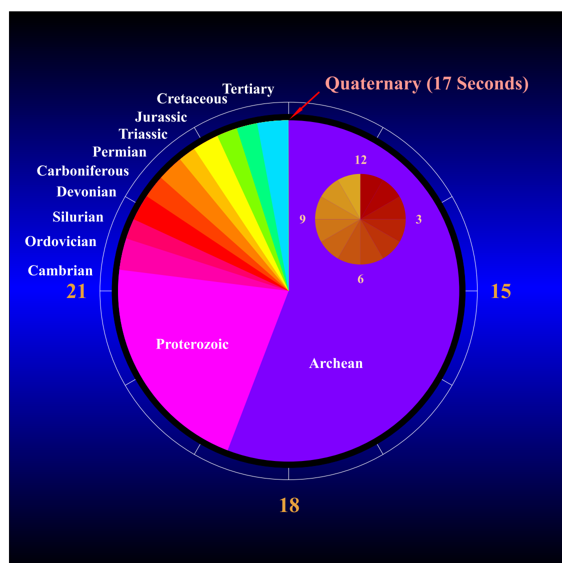
La unidad de tiempo mayor utilizada en geología histórica es el tiempo o supereón, que está compuesto por eones. Los eones se dividen en eras, que a su vez se dividen en períodos, épocas y edades. Al mismo tiempo, los paleontólogos definen un sistema de etapas faunales, de duración variable, basada en los cambios observados en los conjuntos de fósiles. En muchos casos, esas etapas de fauna se han adoptado a la nomenclatura geológica, aunque, en general, se han establecido más etapas faunales que unidades de tiempo geológico.

Los geólogos tienden a hablar en términos de *Superior/Tardío*, *Inferior/Temprano* y *Medio* para referirse a partes de períodos y de otras unidades, como por ejemplo, “Jurásico Superior” y “Cámbrico Medio”. Los términos *Superior*, *Inferior* y *Medio* se suelen aplicar a las rocas, mientras que *Tardío*, *Temprano* y *Medio* se suelen aplicar al tiempo. Los adjetivos se escriben con la inicial en mayúscula cuando la subdivisión es reconocida oficial-

mente, y en minúscula cuando no.

Puesto que las unidades de tiempo geológicas que ocurren al mismo tiempo en diferentes partes del mundo pueden parecer diferentes y contener diferentes fósiles, hay muchos ejemplos históricos de diferentes nombres para el mismo período en diferentes ubicaciones. Por ejemplo, en Norteamérica al Cámbrico Inferior se le denominó *serie Waucoban*. Un aspecto clave de la labor de la Comisión Internacional de Estratigrafía es conciliar estos conflictos en terminología y definir límites universales que puedan ser utilizados en todo el mundo.

3.2 Historia de la escala de tiempo geológico y de los nombres de sus divisiones



La historia de la Tierra comprimida en un día.

Uno de los principios más importantes que subyacen en las escalas de tiempo geológico es el principio de superposición de estratos, propuesto por primera vez en el siglo XI por el médico y filósofo persa Avicena (Ibn Sina).[1][2] Más tarde en el siglo XI, el naturalista chino Shen Kuo (1031-1095) reconoció también el concepto de "tiempo geológico".[3]

Este principio fue redescubierto a finales del siglo XVII por Niels Stensen. El principio de superposición de estratos establece que las capas de roca (o estratos) están establecidas en sucesión, que cada estrato representa una "ranura" de tiempo y que cualquier estrato es probablemente más antiguo que los que tiene encima y más joven que los de debajo. Pero aunque el principio es simple, su aplicación real a las rocas resultó bastante compleja.

En el transcurso del siglo XVIII los geólogos se dieron cuenta que:

1. Las secuencias de estratos están a menudo erosionadas, distorsionadas, inclinadas o incluso invertidas, lo que tiene lugar después de su deposición.
2. Los estratos depositados al mismo tiempo en diferentes lugares pueden tener una apariencia completamente diferente.
3. Los estratos de cada área representan sólo una pequeña parte de la larga historia de la Tierra.



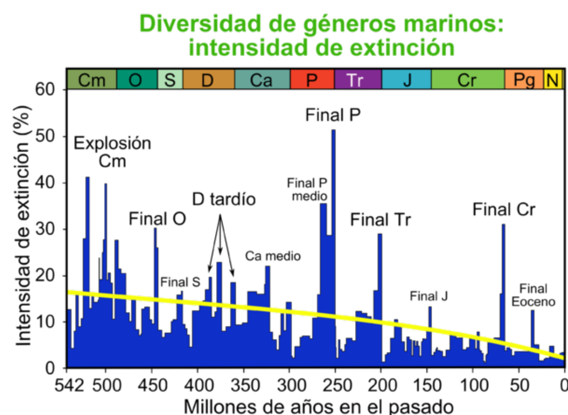
Estratos visibles en el Gran Cañón del Colorado.

Los primeros intentos serios para establecer una escala de tiempo geológico que pudiera aplicarse a cualquier lugar en la Tierra tuvieron lugar a finales del siglo XVIII. El más influyente de los primeros intentos (defendido por Abraham Gottlob Werner, entre otros) divide las rocas de la corteza terrestre en cuatro tipos: primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Cada tipo de roca, de acuerdo con la teoría, se formó durante un período específico en la historia de la Tierra. Por lo tanto, es posible hablar de un "Período Primario", así como de "rocas del Primario".

En 1785 James Hutton, el fundador de la geología moderna, propone que el interior de la Tierra está caliente y que ese calor es el motor que impulsa la formación de nuevas rocas, luego las rocas son erosionadas por el aire y el agua y los sedimentos depositados en capas en el mar, el calor entonces consolida los sedimentos en rocas y levanta nuevas tierras. Esta teoría se denominó *Plutonista* en contraste con la *Neptunista*, que consideraba que todas la rocas se depositaron a la vez en el transcurso de una inmensa inundación.[4]

La identificación de estratos por los fósiles que contienen, realizada por primera vez por William Smith (que estableció el principio de sucesión faunística), Georges Cuvier, Jean d'Omalius d'Halloy y Alexandre Brongniart a principios del siglo XIX, permitió a los geólogos a dividir la historia de la Tierra con mayor precisión. También les permitió correlacionar los estratos a nivel regional (o incluso continental). Si dos estratos distantes en el espacio o diferentes en su apariencia contienen los mismos fósiles, hay una alta probabilidad de que hayan sido depositados al mismo tiempo. Los estudios detallados de los estratos

y fósiles de Europa que se realizaron entre 1820 y 1850 dieron lugar a la secuencia de períodos geológicos que se sigue utilizando hoy en día.

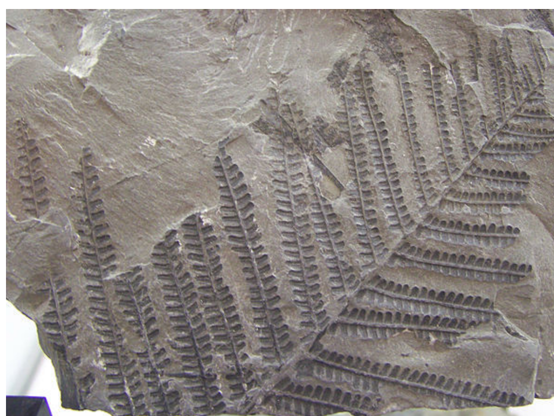


Las grandes extinciones durante el Eón Fanerozoico.

El proceso estuvo dominado por los geólogos británicos, y así se refleja en los nombres de los períodos: Cámbrico (el nombre romano de Gales), Ordovícico y Silúrico (nombres de antiguas tribus galesas) fueron definidos utilizando secuencias estratigráficas de Gales.[5] Devónico procede del condado inglés de Devon y Carbonífero de carbón. El Pérmico fue establecido por un geólogo escocés y procede de Perm, Rusia. Sin embargo, algunos períodos fueron definidos por geólogos de otros países. El Triásico (del latín tríada) fue bautizado así en 1834 por el geólogo alemán Friedrich August von Alberti por los tres conjuntos de capas bien diferenciados que presentaba el terreno: areniscas rojas (*Buntsandstein*), dolomías con conchas (*Muschelkalk*) y arcillas grises (*Keuper*), encontradas en toda Alemania y noroeste de Europa. El Jurásico fue establecido por el geólogo francés Alexandre Brongniart basándose en las potentes series de calizas marinas expuestas en los montes Jura. El Cretácico (del latín *creta*, que significa "tiza") fue definido por vez primera por el geólogo belga Jean d'Omalius d'Halloy en 1822, basándose en los estratos de la cuenca de París[6] y denominado así por los extensos depósitos de creta (acumulación de conchas de invertebrados marinos compuestas de carbonato cálcico).

Inicialmente, la escala de tiempo podía estimarse sólo de forma muy imprecisa. Los diversos tipos de tasas de cambio utilizados en las estimaciones eran muy variables. Aun así, los primeros geólogos sugieren millones de años para los períodos geológicos e incluso algunos sugieren una edad casi infinita para la Tierra, lo que contrasta con las fechas en torno a seis o siete mil años de edad para la Tierra que habían propuesto los creacionistas basándose en la Biblia.

Desde entonces, geólogos y paleontólogos han construido la escala geológica sobre la base de las posiciones relativas de los diferentes estratos y fósiles y sobre las estimaciones de las escalas de tiempo basadas en el estudio de las tasas de diversos tipos de meteorización, erosión, sedimentación y litificación. El descubrimiento de la radiactividad en 1896 y el desarrollo de sus aplicaciones a la geología a través del datado radiométrico durante la primera mitad del siglo XX (por geólogos tales como Arthur Holmes), permitieron una datación absoluta de la edad de las rocas.



Pecopteris arborescens, un helecho del Carbonífero.

En 1977, la Comisión Internacional de Estratigrafía inició un esfuerzo para definir las referencias mundiales (secciones y puntos de estratotipos de límite globales) de los sistemas (o períodos) y pisos (o edades) geológicos. El trabajo más reciente de la comisión se describe en la escala de tiempo geológico de Gradstein *et al.* de 2004.[7] También está disponible un modelo UML de la forma en que el cronograma está estructurado, relacionándolo con los GSSP.[8]

3.3 Escala de tiempo geológico

La siguiente tabla se basa en la escala propuesta por la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS), actualizada a fecha de 2016.[9] [10]

Para una versión más detallada de esta tabla, véase Escala temporal geológica.

Notas

[1] **a)** Los eones Hádico, Arcaico y Proterozoico se agrupan en el Tiempo Precámbrico, también denominado **Criptozoico**.

[2] **b)** Todas las fechas se dan en millones de años para el inicio de la época en cuestión. Las fechas marcadas con son aproximadas y están basadas en acuerdos internacionales con GSSP. Las fechas del Precámbrico, excepto el inicio del periodo Ediacárico, se han fijado cronométricamente por convenio.

[3] **c)** Una reciente propuesta de la ICS pretendía eliminar el Cuaternario de la nomenclatura y extender el Neógeno hasta el presente, pero la propuesta no prosperó.

[4] **d)** En América del Norte, el Carbonífero se subdivide en los períodos Misisípico y Pensilvánico.

[5] **e)** Descubrimientos hechos durante el último cuarto de siglo XX han cambiado substancialmente la forma de ver los eventos geológicos y paleontológicos inmediatamente anteriores al Cámbrico. La nomenclatura no se ha estabilizado. El término Neoproterozoico es utilizado aquí, pero otros escritores podrían igualmente usar otros términos como 'Ediacariano', 'Vendiano', 'Varangiano', 'Precámbrico', 'Protocambriano', 'Eocambriano', o podrían haber extendido el período de duración del Cámbrico. Todos estos términos son considerados como un subconjunto del Proterozoico más que como un período entre el Proterozoico y el Paleozoico.

[6] **f)** La Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS), (Véase: Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy (status 2012-2016), e International Stratigraphic Chart, 2016) no reconoce subdivisiones en el eón Hádico, pero existe una propuesta que se inspira en la escala de tiempo geológico lunar que la subdivide en las eras Ímbrico, Nectárico, Grupos Basin y Críptico (W. Harland, R. Armstrong, A. Cox, L. Craig, A. Smith, D. Smith (1990). *A Geologic time scale 1989*. Cambridge University Press.).

Millones de años

3.4 Véase también

- Historia de la Tierra
- Escala temporal geológica
- Escala de tiempo geológico lunar
- Geocronología

3.5 Referencias

[1] Munim M. Al-Rawi and Salim Al-Hassani (noviembre de 2002). «The contribution of Ibn Sina (Avicenna) to the development of Earth sciences». FSTC. Consultado el 1 de julio de 2008.

[2] Toulmin, S. y Goodfield, J. (1965). *The ancestry of science: the discovery of time*, p. 64, University of Chicago Press (*cf.* The Contribution of Ibn Sina to the development of Earth sciences)

[3] Sivin, Nathan (1995). *Science in ancient China: researches and reflections*. Brookfield, Vermont: Ashgate Publishing Variorum series. pp. III, 23-24.

[4] McPhee, J. (1981). *Basin and range*. Nueva York: Farrar, Straus and Giroux, pp.95-100.

[5] John McPhee, *Basin and Range*, pp.113-114.

[6] *Gran Enciclopedia Soviética* (en ruso) (3rd ed. edición). Moscú: Sovetskaya Enciklopediya. 1974. pp. vol. 16, p. 50.

[7] Gradstein, F. M.; Ogg, J. G. y Smith, A. G. (eds.) (2005). *A geologic time scale 2004*. Cambridge University Press ISBN 0-521-78673-8

[8] Cox, S. J. D. y Richard, S. M. (2005). «A formal model for the geologic time scale and global stratotype section and point, compatible with geospatial information transfer standards». *Geosphere*, **1**(3): 119-137

[9] Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy, actualizada a 2016.

[10] International Stratigraphic Chart, 2016.

3.6 Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Geología histórica**. Commons
- Historia geológica de la península ibérica

En inglés

- Sobre la edad más exacta de la Tierra/Sol/Sistema Solar Artículo de la revista Nature.
- Overview of Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSP's). Escala estratigráfica oficial, actualizada en 2007.
- Berkeley Geologic time scale.
- Scientific Psychic Geologic and Biological Timeline of the Earth.
- GSA: Geologic Time Scale
- British Geological Survey: Geological Timechart
- GeoWhen Database
- International Commission on Stratigraphy Time Scale
- Chronos.org
- National Museum of Natural History - Geologic Time
- SeeGrid: Geological Time Systems Information model for the geologic time scale.
- Exploring Time from Planck Time to the lifespan of the universe.

Capítulo 4

Escala temporal geológica

La **escala temporal geológica**, **escala de tiempo geológico** o **tabla cronoestratigráfica internacional** es el marco de referencia para representar los eventos de la historia de la Tierra y de la vida ordenados cronológicamente. Establece divisiones y subdivisiones de las rocas según su edad relativa y del tiempo absoluto transcurrido desde la formación de la Tierra hasta la actualidad, en una doble dimensión: estratigráfica (superposición de rocas) y cronológica (transcurso del tiempo). Estas divisiones están basadas principalmente en los cambios faunísticos observables en el registro fósil y han podido ser datadas con cierta precisión por métodos radiométricos. La escala compila y unifica los resultados del trabajo sobre geología histórica realizado durante varios siglos por naturalistas, geólogos, paleontólogos y otros muchos especialistas. Desde 1974 la elaboración formal de la escala se realiza por la Comisión Internacional de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas y los cambios, tras algunos años de estudios y deliberaciones por subcomisiones específicas, han de ser ratificados en congresos mundiales.[1]

4.1 Criterios de elaboración

La escala está compuesta por la combinación de:

- Unidades cronoestratigráficas (piso, serie, sistema, eratema, eonotema), que responden a conjuntos de rocas, estratificados o no, formados durante un intervalo de tiempo determinado. Se basan en las variaciones de los registros fósil (bioestratigrafía) y estratigráfico (litoestratigrafía). Son las unidades con las que se han establecido las divisiones de la escala cronoestratigráfica estándar para el Fanerozoico (y el Ediacárico y el Criogénico del Precámbrico). Sirven de soporte material de referencia.

- Unidades geocronológicas (edad, época, periodo, era, eón), unidades de tiempo equivalentes una a una con las cronoestratigráficas. Son la referencia temporal relativa de la escala para el Fanerozoico.

- Unidades geocronométricas, definidas por edades absolutas (tiempo en millones de años). Son las unidades con las que se han establecido las divisiones de la escala para el Precámbrico (excepto el Ediacárico y el Criogénico).[1][2] Las dataciones absolutas que se muestran en la escala para el Fanerozoico y el Ediacárico están en revisión, y las que no tienen estratotipo de límite inferior formalizado son aproximadas,[3] por lo que no pueden considerarse unidades geocronométricas.

La unidad básica de la escala es el piso (y su edad equivalente), definido normalmente por cambios detectados en el registro fósil y, ocasionalmente, apoyados por cambios paleomagnéticos (inversiones de polaridad del campo magnético terrestre), litológicos debidos a cambios climáticos, efectos tectónicos o subidas o bajadas del nivel del mar. Las unidades de rango superior reflejan los cambios más significativos en las faunas del pasado inferidos del registro fósil (Paleozoico o Mesozoico), características litológicas de la región donde se definieron (Carbonífero, Triásico o Cretácico) y más raramente aspectos paleoclimáticos (Criogénico). Muchos nombres se refieren al lugar donde se establecieron las sucesiones estratigráficas de referencia o se estudiaron inicialmente (Pérmico o Maastrichtiense).[4]

Para determinadas subdivisiones de la escala se usan «Inferior» y «Superior» si se hace referencia a unidades cronoestratigráficas (cuerpos de roca) o «Temprano» y «Tardío» si se hace referencia a unidades geocronológicas (tiempo). En ambos casos se añade delante el nombre de la unidad correspondiente de rango superior, como en Triásico Superior (serie) y Triásico Tardío (época).

4.2 Estandarización

Las unidades, divisones y dataciones que se presentan están basados en la *Tabla cronoestratigráfica internacional* (versión de 2016)[3] elaborada por la Comisión Internacional de Estratigrafía. Con el símbolo del «clavo de oro» (el *casi* oficializado «*golden spike*») se marcan aquellas unidades cuyo límite inferior está definido formalmente en una sección estratotipo y punto de límite global (GSSP, de sus siglas en inglés).[5] Para el Precámbrico las divisiones son estrictamente geocronométricas, defi-

nidas directamente por tiempo absoluto (en millones de años), excepto para el Ediacariense, para el que hay estratotipo de límite inferior y el Criogénico, que lo tiene pendiente de definir.

Los colores usados (formato RGB) son los estándares propuestos en 2006 por la Comisión del Mapa Geológico del Mundo.[6]

Hasta 2013, la *Tabla cronoestratigráfica internacional* se publicó únicamente en inglés. Desde entonces se publican traducciones oficiales a otros idiomas: chino, español (en dos versiones: de España y de América), portugués, noruego, lituano, vasco, catalán, francés y japonés.[3]

4.2.1 Doble nomenclatura formal en español

Tradicionalmente la mayoría de los nombres de los pisos o edades se terminan con el sufijo «-iense» en España y Venezuela y con el sufijo «-iano» en casi todos los países de América de habla castellana, ambas formas son sinónimas y perfectamente válidas. P. ej. Aptiense y Aptiano o Priaboniense y Priaboniano.[7]

La primera versión en español de la tabla oficial de la Comisión Internacional de Estratigrafía fue la de España, publicada en 2013,[8] pero en 2016 se publicó un borrador con la primera versión en español reflejando la tradición americana. Esta versión provisional para América fue elaborada por los servicios geológicos de Colombia, con aportaciones de diferentes instituciones y profesionales de México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. Sin embargo en Venezuela se sigue la versión de la nomenclatura española.[9]

En la tabla que sigue aparecen reflejadas las dos terminologías (las de la versión americana en letras cursivas para su correcta identificación). Cuando solo aparece un término es porque ambos sistemas de nomenclatura coinciden. Hay que tener en cuenta que la versión americana se basa en un borrador, lo que indica que no hay aún consenso unánime para todos los nombres de la escala.

4.3 Escala global estándar del tiempo geológico

4.4 Cronograma a escala

El siguiente diagrama muestra la duración a escala de las divisiones principales. El primer y segundo cronograma representan, cada uno, subsecciones de la parte marcada con asteriscos en el que tienen inmediatamente debajo.

Millones de años

4.5 Véase también

- Geología histórica
- Historia de la Tierra
- Escala de tiempo geológico lunar
- Escala de tiempo geológica de Marte
- Sección y punto de estratotipo de límite global
- Imagen de un reloj geológico (Eón)
- Un reloj geológico con los periodos y eventos más importantes (Commons)

4.6 Referencias

[1] Gradstein, F. M.; Ogg, J. G.; Smith, A. G.; Bleeker, W. y Lourens, L. J. (2004). «A new Geologic Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene». *Episodes* **27** (2): 83-100.

[2] Fernández López, S. (1997). «Fósiles de intervalos sin registro estratigráfico: una paradoja geológica». En Aguirre, E.; Morales, J. y Soria, D. *Registros fósiles e Historia de la Tierra*. Madrid: Editorial Complutense, Cursos de Verano de El Escorial. pp. 79-105. ISBN 84-89365-92-X.

[3] Cohen, K. M.; Finney, S.; Gibbard, P. L. y Fan, J. X. (2015). «International Chronostratigraphic Chart» (en inglés). Comisión Estratigráfica Internacional. Consultado el 25 de marzo de 2015.

[4] Vera Torres, J. A. (1994). *Estratigrafía. Principios y métodos*. Madrid: Editorial Rueda, S.L. p. 806. ISBN 84-7207-074-3.

[5] Remane, J.; Bassett, M. G.; Cowie, J. W.; Gohrbandt, K. H.; Lane, H. R.; Michelsen, O. y Naiwen, W. (1996). «Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS)». *Episodes* **19** (3): 77-81.

[6] Pellé, J. M. (2006). «Standard Color Codes for the Geological Time Scale» (PDF) (en inglés). Comisión del Mapa Geológico del Mundo.

[7] Reguant, S. y Ortiz, R. (2001) «Guía estratigráfica internacional (versión abreviada)». *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **14**(3-4): 270-293 (Pág. 293, nota 8)

[8] Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Primera versión en español, enero de 2013)

[9] Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Borrador de la adaptación al español de América, abril de 2016)

[10] Tradicionalmente se han usado Terciario y Cuaternario en lugar del actual Cenozoico, con rango de eratemas o eras, usándose Cenozoico como sinónimo de Terciario y subdividido a su vez en Paleógeno y Neógeno. También se puede encontrar Terciario y Cuaternario como sub-eras dentro del eratema o era Cenozoica. Actualmente, en el

2009, el término Terciario (y la subdivisión correspondiente dentro de Cenozoico) ha dejado de ser reconocido por la Comisión Internacional de Estratigrafía para la escala global, quedando el Cenozoico dividido en los sistemas o periodos Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.

[11] El piso Tarantiense fue aceptado en 2008 por la Comisión Internacional de Estratigrafía, pero está pendiente de ratificar por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas

[12] En Europa se ha distinguido tradicionalmente un único sistema o periodo, el Carbonífero, no contemplado en Norte América, donde se han usado en su lugar Misisípico y Pensilvánico con el mismo rango de sistema o periodo.

[13] Algunos pisos o edades del Cámbrico son unidades informales, pendientes de establecer por la Comisión Internacional de Estratigrafía.

[14] El Precámbrico, también conocido como Criptozoico, no está reconocido como unidad formal.

[15] Límite inferior definido por edad absoluta (unidad geocronométrica).

[16] Liñán, E.; Gámez Vintaned, J. A. y Gozalo, R. (2009) «Origen y diversificación de los animales pluricelulares». En: Martínez Chacón, M. L. y Rivas, P. (eds.) *Paleontología de Invertebrados*. Madrid, Oviedo, Granada: Sociedad Española de Paleontología, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada e Instituto Geológico y Minero de España: 13-31

[17] Cohen, B. A.; Swindle, T. D. y Kring, D. A. (2000). «Support for the Lunar Cataclysm Hypothesis from Lunar Meteorite Impact Melt Ages». *Science* **290** (5497): 1754-1755. doi:10.1126/science.290.5497.1754.

[18] Aunque de uso muy extendido, el Hádico, también llamado Azoico, no está formalmente definido como eonotema o eón, y no hay acuerdo para el límite inferior del Arcaico.

[19] Algunos autores subdividen el Hádico según la escala de tiempo geológico lunar (Harland, W.; Armstrong, R.; Cox, A.; Craig, L.; Smith, A. y Smith, D. (1990). *A Geologic time scale 1989*. Cambridge University Press).

[20] Halliday A. N. (2001). «In the beginning ...». *Nature* **409**: 144-145. doi:10.1038/35051685.

4.7 Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Escala temporal geológica**. Commons

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Reloj geológico con los periodos y eventos más importantes**Commons. (terminología).

- U.S. Geological Survey Geologic Names Committee (2007). «Divisions of geologic time—Major chronostratigraphic and geochronologic units:». *U.S. Geological Survey Fact Sheet 2007-3015* (en inglés). Consultado el 14 de marzo de 2010.

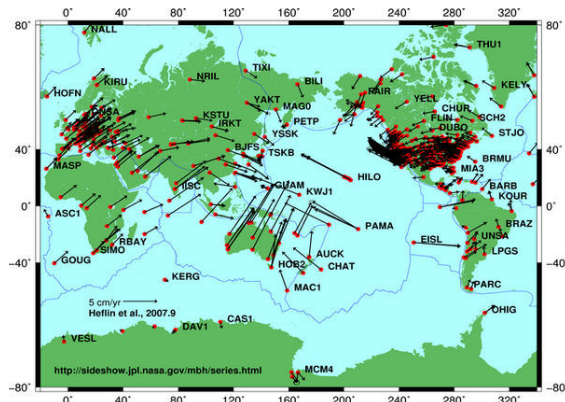
- «The Paleobiology Database» (en inglés). Archivado desde el original el 27 de noviembre de 2015. Consultado el 19 de marzo de 2006. Extensa base de datos.

- Comisión Internacional de Estratigrafía. «Tabla estratigráfica internacional» (en inglés). Consultado el 14 de abril de 2013.

- Comisión Internacional de Estratigrafía. «Lista de secciones y puntos de estratotipos de límite globales» (en inglés). Consultado el 19 de abril de 2015.

Capítulo 5

Tectónica de placas



Vectores de velocidad de las placas tectónicas obtenidos mediante posicionamiento preciso GPS.

La **tectónica de placas** (del griego τεκτονικός, *tektonicós*, “el que construye”) es una teoría geológica que explica la forma en que está estructurada la litosfera (porción externa más fría y rígida de la Tierra). La teoría da una explicación a las placas tectónicas que forman la superficie de la Tierra y a los desplazamientos que se observan entre ellas en su movimiento sobre el manto terrestre fluido, sus direcciones e interacciones. También explica la formación de las cadenas montañosas (orogénesis). Así mismo, da una explicación satisfactoria de por qué los terremotos y los volcanes se concentran en regiones concretas del planeta (como el Cinturón de Fuego del Pacífico) o de por qué las grandes fosas submarinas están junto a islas y continentes y no en el centro del océano.

Las placas tectónicas se desplazan unas respecto a otras con velocidades de 2,5 cm/año[1] lo que es, aproximadamente, la velocidad con que crecen las uñas de las manos. Dado que se desplazan sobre la superficie finita de la Tierra, las placas interaccionan unas con otras a lo largo de sus fronteras o límites provocando intensas deformaciones en la corteza y litosfera de la Tierra, lo que ha dado lugar a la formación de grandes cadenas montañosas (por ejemplo las cordilleras de Himalaya, Alpes, Pirineos, Atlas, Urales, Apeninos, Apalaches, Andes, entre muchos otros) y grandes sistemas de fallas asociadas con estas (por ejemplo, el sistema de fallas de San Andrés). El contacto por fricción entre los bordes de las placas es responsable de la mayor parte de los terremotos. Otros fenómenos asociados son la creación de volcanes (especialmente notorios en el cinturón de fuego del océano Pacífico) y las fosas oceánicas.

Las placas tectónicas se componen de dos tipos distintos de litosfera: la corteza continental, más gruesa, y la corteza oceánica, la cual es relativamente delgada. La parte superior de la litosfera se le conoce como Corteza terrestre, nuevamente de dos tipos (continental y oceánica). Esto significa que una placa litosférica puede ser una placa continental, una oceánica, o bien de ambos, si fuese así se le denomina placa mixta.

Uno de los principales puntos de la teoría propone que la cantidad de superficie de las placas (tanto continental como oceánica) que desaparecen en el manto a lo largo de los bordes convergentes de subducción está más o menos en equilibrio con la corteza oceánica nueva que se está formando a lo largo de los bordes divergentes (dorsales oceánicas) a través del proceso conocido como expansión del fondo oceánico. También se suele hablar de este proceso como el principio de la “cinta transportadora”. En este sentido, el total de la superficie en el globo se mantiene constante, siguiendo la analogía de la cinta transportadora, siendo la corteza la cinta que se desplaza gracias a las fuertes corrientes convectivas de la astenósfera, que hacen las veces de las ruedas que transportan esta cinta, hundiéndose la corteza en las zonas de convergencia, y generándose nuevo piso oceánico en las dorsales.

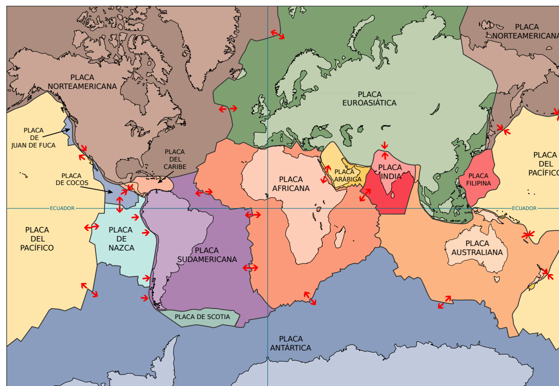
La teoría también explica de forma bastante satisfactoria la forma como las inmensas masas que componen las placas tectónicas se pueden “desplazar”, algo que quedaba sin explicar cuando Alfred Wegener propuso la teoría de la Deriva Continental, aunque existen varios modelos que coexisten: Las placas tectónicas se pueden desplazar porque la litósfera tiene una menor densidad que la astenósfera, que es la capa que se encuentra inmediatamente inferior a la corteza. Las variaciones de densidad laterales resultan en las corrientes de convección del manto, mencionadas anteriormente. Se cree que las placas son impulsadas por una combinación del movimiento que se genera en el fondo oceánico fuera de la dorsal (debido a variaciones en la topografía y densidad de la corteza, que resultan en diferencias en las fuerzas gravitacionales, arrastre, succión vertical, y zonas de subducción). Una ex-

plicación diferente consiste en las diferentes fuerzas que se generan con la rotación del globo terrestre y las fuerzas de marea del Sol y de la Luna. La importancia relativa de cada uno de esos factores queda muy poco clara, y es todavía objeto de debate.

5.1 Placas tectónicas en el mundo

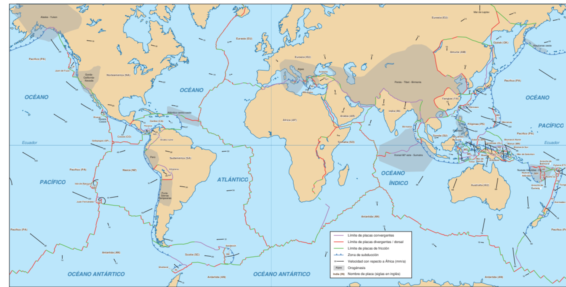
Actualmente existen las siguientes placas tectónicas en la superficie de la tierra con límites más o menos definidos, que se dividen en 15 placas mayores (o principales) y 43 placas menores (o secundarias).

5.1.1 Las 15 placas mayores



Las 15 placas tectónicas mayores.

- Placa Africana
- Placa Antártica
- Placa Arábiga
- Placa Australiana
- Placa del Caribe
- Placa de Cocos
- Placa Euroasiática
- Placa Filipina
- Placa India
- Placa Juan de Fuca
- Placa de Nazca
- Placa Norteamericana
- Placa del Pacífico
- Placa de Scotia
- Placa Sudamericana



Mapa detallado que muestra las placas tectónicas con sus vectores de movimiento.

5.1.2 Las 43 placas menores

- Placa de Altiplano
- Placa de Amuria
- Placa de Anatolia
- Placa de los Andes del Norte
- Placa Apuliana o Adriática
- Placa del Arrecife de Balmoral
- Placa del Arrecife de Conway
- Placa de Birmania
- Placa de Bismarck del Norte
- Placa de Bismarck del Sur
- Placa Cabeza de Pájaro o Doberai
- Placa de las Carolinas
- Placa de Chiloé
- Placa del Explorador
- Placa de Futuna
- Placa Galápagos
- Placa de Gorda
- Placa Iraní
- Placa de Juan Fernández
- Placa de Kermadec
- Placa de Manus
- Placa de Maoke
- Placa del Mar de Banda
- Placa del Mar Egeo o Helénica
- Placa del Mar de las Molucas
- Placa del Mar de Salomón

- Placa de las Marianas
- Placa Niuafo'ou
- Placa de Nubia
- Placa de las Nuevas Hébridas
- Placa de Ojotsk
- Placa de Okinawa
- Placa de Panamá
- Placa de Pascua
- Placa Rivera
- Placa de Sandwich
- Placa de Shetland
- Placa Somalí
- Placa de Sonda
- Placa de Timor
- Placa de Tonga
- Placa Woodlark
- Placa Yangtze

Se han identificado tres tipos de bordes: convergentes (dos placas chocan una contra la otra), divergentes (dos placas se separan) y transformantes (dos placas se deslizan una junto a otra).

La teoría de la tectónica de placas se divide en dos partes, la de deriva continental, propuesta por Alfred Wegener en la década de 1910, y la de expansión del fondo oceánico, propuesta y aceptada en la década de 1960, que mejoraba y ampliaba a la anterior. Desde su aceptación ha revolucionado las ciencias de la Tierra, con un impacto comparable al que tuvieron las teorías de la gravedad de Isaac Newton y Albert Einstein en la Física o las leyes de Kepler en la Astronomía.

5.2 Causas del movimiento de las placas

El origen del movimiento de las placas está en unas corrientes de materiales que suceden en el manto, las denominadas corrientes de convección, y sobre todo, en la fuerza de la gravedad. Las corrientes de convección se producen por diferencias de temperatura y densidad, de manera que los materiales más calientes pesan menos y ascienden y los materiales más fríos, son más densos, pesados y descienden.

El manto, aunque es sólido, se comporta como un material plástico o dúctil, es decir, se deforma y se estira sin romperse, debido a las altas temperaturas a las que se encuentra, sobre todo el manto inferior.

En las zonas profundas el manto hace contacto con el núcleo, el calor es muy intenso, por eso grandes masas de roca se funden parcialmente y al ser más ligeras ascienden lentamente por el manto, produciendo unas corrientes ascendentes de materiales calientes, las plumas o penachos térmicos. Algunos de ellos alcanzan la litosfera, la atraviesan y contribuyen a la fragmentación de los continentes.

En las fosas oceánicas, grandes fragmentos de litosfera oceánica fría se hunden en el manto, originando por tanto unas corrientes descendentes, que llegan hasta la base del manto.

Las corrientes ascendentes y descendentes del manto podrían explicar el movimiento de las placas, al actuar como una especie de "rodillo" que las moviera.

5.3 Antecedentes históricos

La tectónica de placas tiene su origen en dos teorías que le precedieron: la teoría de la deriva continental y la teoría de la expansión del fondo oceánico.

La primera fue propuesta por Alfred Wegener a principios del siglo XX y pretendía explicar el intrigante hecho de que los contornos de los continentes ensamblan entre sí como un rompecabezas y que estos tienen historias geológicas comunes. Esto sugiere que los continentes estuvieron unidos en el pasado formando un supercontinente llamado Pangea (en idioma griego significa "todas las tierras") que se fragmentó durante el período Jurásico, originando los continentes actuales. Esta teoría fue recibida con escepticismo y finalmente rechazada porque el mecanismo de fragmentación (deriva polar) no podía generar las fuerzas necesarias para desplazar las masas continentales.

5.3.1 Las placas se mueven y causan terremotos

La teoría de expansión del fondo oceánico fue propuesta hacia la mitad del siglo XX y está sustentada en observaciones geológicas y geofísicas que indican que las cordilleras meso-oceánicas funcionan como centros donde se genera nuevo piso oceánico conforme los continentes se alejan entre sí. Esto fue propuesto por John Tuzo Wilson.

La teoría de la tectónica de placas fue forjada principalmente entre los años 50 y 60 y se le considera la gran teoría unificadora de las Ciencias de la Tierra, ya que explica una gran cantidad de observaciones geológicas y geofísicas de una manera coherente y elegante. A diferencia de otras ramas de las ciencias, su concepción no se le atribuye a una sola persona como es el caso de Isaac Newton o Charles Darwin. Fue producto de la colaboración inter-

nacional y del esfuerzo de talentosos geólogos (Tuzo Wilson, Walter Pitman), geofísicos (Harry Hammond Hess, Allan V. Cox) y sismólogos (Linn Sykes, Hiroo Kanamori, Maurice Ewing), que poco a poco fueron aportando información acerca de la estructura de los continentes, las cuencas oceánicas y el interior de la Tierra.

5.4 Límites de placas

Son los bordes de una placa y es aquí donde se presenta la mayor actividad tectónica (sismos, formación de montañas, actividad volcánica), ya que es donde se produce la interacción entre placas. Hay tres clases de límite:

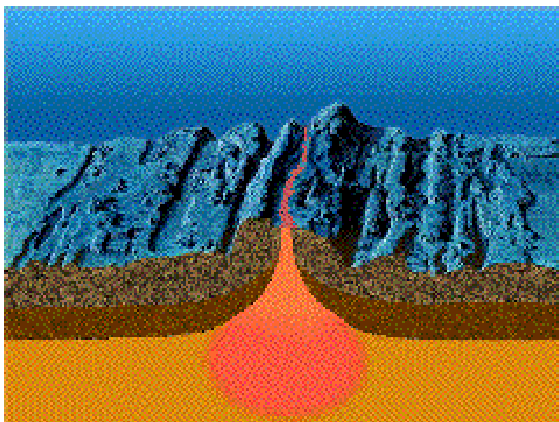
- **Divergentes**: son límites en los que las placas se separan unas de otras y, por lo tanto, emerge magma desde regiones más profundas (por ejemplo, la dorsal mesoatlántica formada por la separación de las placas de Eurasia y Norteamérica y las de África y Sudamérica).

- **Convergentes**: son límites en los que una placa choca contra otra, formando una zona de subducción (la placa oceánica se hunde bajo de la placa continental) o un cinturón orogénico (si las placas chocan y se comprimen). Son también conocidos como "bordes activos".

- **Transformantes**: son límites donde los bordes de las placas se deslizan una con respecto a la otra a lo largo de una falla de transformación.

En determinadas circunstancias, se forman zonas de límite o borde, donde se unen tres o más placas formando una combinación de los tres tipos de límites.

5.4.1 Límite divergente o constructivo: las dorsales

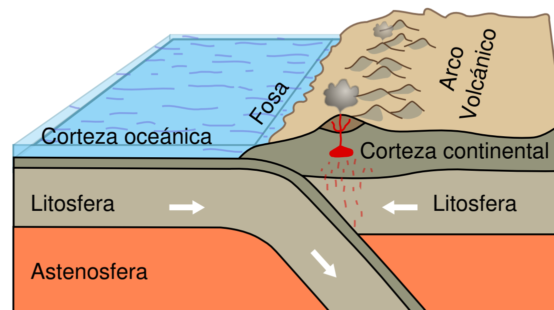


Dorsal oceánica.

Son las zonas de la litosfera en que se forma nueva corteza oceánica y en las cuales se separan las placas. En los límites divergentes, las placas se alejan y el vacío que resulta de esta separación es rellenado por material de la corteza, que surge del magma de las capas inferiores. Se cree que el surgimiento de bordes divergentes en las uniones de tres placas está relacionado con la formación de puntos calientes. En estos casos, se junta material de la astenosfera cerca de la superficie y la energía cinética es suficiente para hacer pedazos la litosfera. El punto caliente que originó la dorsal mesoatlántica se encuentra actualmente debajo de Islandia, y el material nuevo ensancha la isla algunos centímetros cada siglo.

Un ejemplo típico de este tipo de límite son las dorsales oceánicas, como la dorsal mesoatlántica entre otras, y en el continente las grietas, como el Gran Valle del Rift.

5.4.2 Límite convergente o destructivo



La placa oceánica se hunde por debajo de la placa continental.

Las características de los bordes convergentes dependen del tipo de litosfera de las placas que chocan. Con frecuencia las placas no se deslizan en forma continua; sino que se acumula tensión en ambas placas hasta llegar a un nivel de energía acumulada que sobrepasa el necesario para producir el deslizamiento brusco de la placa marina. La energía potencial acumulada es liberada como presión o movimiento; debido a la titánica cantidad de energía almacenada, estos movimientos ocasionan terremotos, de mayor o menor intensidad. Los puntos de mayor actividad sísmica suelen asociarse con este tipo de límites de placas.

- Cuando una placa oceánica (más densa) choca contra una continental (menos densa) la placa oceánica es empujada debajo, formando una zona de subducción. En la superficie, la modificación topográfica consiste en una fosa oceánica en el agua y un grupo de montañas en tierra.

- Cuando dos placas continentales colisionan (colisión continental), se forman extensas cordilleras formando un borde de obducción. La cadena del Himalaya es el resultado de la colisión entre la placa Indoaustraliana y la placa Euroasiática.

- Cuando dos placas oceánicas chocan, el resultado es un arco de islas (por ejemplo, Japón).

5.4.3 Límite transformante, conservativo o neutro



Falla de San Andrés.

El movimiento de las placas a lo largo de las fallas de transformación puede causar considerables cambios en la superficie, lo que es particularmente significativo cuando esto sucede en las proximidades de un asentamiento humano. Debido a la fricción, las placas no se deslizan en forma continua; sino que se acumula tensión en ambas placas hasta llegar a un nivel de energía acumulada que sobrepasa el necesario para producir el movimiento. La energía potencial acumulada es liberada como presión o movimiento en la falla. Debido a la titánica cantidad de energía almacenada, estos movimientos ocasionan terremotos, de mayor o menor intensidad.

Un ejemplo de este tipo de límite es la falla de San Andrés, ubicada en el Oeste de Norteamérica, que es parte del sistema de fallas producto del roce entre la placa Norteamericana y la del Pacífico.

5.5 Medición de la velocidad de las placas tectónicas

La medición actual de la velocidad de las placas tectónicas se realiza mediante medidas precisas de GPS. La velocidad antigua de las placas se obtiene mediante la restitución de cortes geológicos (en corteza continental) o mediante la medida de la posición de las inversiones del campo magnético terrestre registradas en el fondo oceánico.

5.6 Véase también

- Anexo:Placas tectónicas
- Litosfera
- Orogénesis

5.7 Referencias

[1] Read HH, Watson Janet (1975). *Introduction to Geology*. Nueva York: Halsted. pp. 13-15.

5.8 Bibliografía

- Murphy, J.B.; Gutiérrez, G.; Nance, R.D.; Fernández, J.; Keppie, J.D.; Quesada, C.; Strachan, R.A. y Doatal, J. (2008): Rotura de las placas tectónicas. *Investigación y Ciencia*, **380**[mayo]: 31-41.

5.9 Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Tectónica de placas**. Commons
- *Maps of continental drift, from the Precambrian to the future.*
- Tectónica de placas.
- La Ecolución de la Tectónica de Placas: El Nuevo Interior de la Tierra.

Capítulo 6

Edad geológica

Una **edad** es una unidad geocronológica formal de la escala temporal geológica que representa el tiempo correspondiente a la duración de un piso. Los pisos, a su vez, son los conjuntos de estratos sucesivos que cubren la totalidad del Fanerozoico (los últimos 542 millones de años), definidos principalmente por criterios bioestratigráficos, es decir, por presentar conjuntos de fósiles consistentes y diferenciables de las unidades adyacentes inferior y superior inmediatas. Cada edad es quivalente a un piso, con una duración media de pocos millones de años.[1] Las técnicas de datación han permitido precisar, con cierto margen de error, los valores absolutos en millones de años correspondientes al inicio y final de cada edad.

Hay 99 pisos,[2] y por tanto 99 edades, definidos o en proceso de definición, que cubren todo el Fanerozoico (sin contar el Holoceno). Para el tiempo Precámbrico no han podido distinguirse ni edades ni épocas, por lo que las divisiones menores de la escala geocronológica global para el Precámbrico se han reconocido hasta la categoría de periodo.

Por convenio cada edad recibe el mismo nombre que su piso correspondiente, así, por ejemplo, podríamos decir que «los *Tyrannosaurus rex* vivieron hacia el final de la edad Maastrichtiense» y que «no hemos encontrado fósiles de *Tyrannosaurus rex* en las capas basales del piso Maastrichtiense».

Las edades se agrupan en épocas, al igual que los pisos se agrupan en series. Las edades pueden subdividirse en unidades temporales más pequeñas, crones o biocrones, según se usen criterios magnetoestratigráficos o bioestratigráficos respectivamente.

6.1 Definición y estandarización

Las edades se establecen automáticamente al definir formalemente los pisos a los que son equivalentes, los cuales se definen principalmente por criterios bioestratigráficos. Para los pisos se fijan estratotipos de límite inferior, que son secciones estratigráficas concretas que sirven de referencia para todo el planeta. Se definen así únicamente los límites inferiores de cada piso y edad, pues la definición basada en estratotipos completos para cada uno llevaba a solapamientos o hiatos con el piso y edad anterior o posterior, habitualmente definido en otra sección alejada de la primera. Se eligen secciones de rocas sedimentarias de origen marino, pues los fósiles de organismos marinos (por ejemplo foraminíferos o ammonites) suelen tener una mayor dispersión geográfica y resolución bioestratigráfica que los terrestres. La datación absoluta de este límite, cuando es posible, permite establecer el inicio de la edad en millones de años.

Normalmete el criterio para ubicar el *clavo dorado* (término informal que señala el punto exacto del límite inferior de un piso en una sección de referencia) suele ser la primera aparición de fósiles de determinado taxón o conjunto de taxones o un cambio de polaridad magnética en el registro paleomagnético de la sucesión estratigráfica, que asegura una simultaneidad global del límite así definido.

Los límites y los nombres de pisos y edades se establecen desde 1974 por la Comisión Internacional de Estratigrafía, estando ya todo el Fanerozoico dividido en edades, aunque algunos, en 2012, están aún pendientes de nombrar y establecer los estratotipos de límite inferior definitivos.[3]

6.2 Historia

Antes del establecimiento de las edades como divisiones temporales de la historia de la Tierra ya se habían reconocido las tres divisiones principales del Fanerozoico, basadas en los registros fósil y estratigráfico, para las que se propusieron los términos Paleozoico (Sedgwick, 1838), Mesozoico y Cenozoico (Phillips, 1841) —aún vigentes—, y que se entendían como etapas sucesivas reales de la historia de la vida («fauna antigua» o «Era de los invertebrados y peces», «fauna intermedia» o «Era de los reptiles» y «fauna reciente» o «Era de los mamíferos» respectivamente).[4]

Los primeros pisos fueron establecidos por Alcide d'Orbigny entre 1849 y 1852, pero en su uso no estaba claro, entre los científicos de la época, si se referían a los cuerpos estratificados de roca o al tiempo en que éstas

EON	ERA	PERIOD	MILLIONS OF YEARS AGO
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	1.6
		Tertiary	66
	Mesozoic	Cretaceous	138
		Jurassic	205
		Triassic	240
	Paleozoic	Permian	290
		Pennsylvanian	330
		Mississippian	360
		Devonian	410
		Silurian	435
		Ordovician	500
		Cambrian	570
Proterozoic	Late Proterozoic Middle Proterozoic Early Proterozoic		2500
Archean	Late Archean Middle Archean Early Archean		3800?
Pre-Archean			

se formaron, conceptos que variaban según diferentes escuelas y países. Con este estado de confusión, en 1880 durante el II Congreso Geológico Mundial, se tomó la decisión de distinguir entre ambos sistemas de referencia (rocas y tiempo), momento del que procede la diferenciación entre pisos y edades (unidades cronoestratigráficas y geocronológicas respectivamente).[4]

6.3 Véase también

- Escala temporal geológica (con listado de todas las edades ordenadas cronológicamente)
- Geocronología

6.4 Referencias

[1] Comisión Internacional de Estratigrafía «Chapter 9. Chronostratigraphic Units». En: *International stratigraphic guide*.

[2] Comisión Internacional de Estratigrafía. «Tabla estratigráfica internacional» (en inglés). Archivado desde el original el 16 de noviembre de 2015. Consultado el 27 de mayo de 2012.

[3] Comisión Internacional de Estratigrafía GSSP Table - All Periods.

[4] Fernández López, S. (1988) «Bioestratigrafía y biocronología: su desarrollo histórico». En: *Curso de conferencias sobre historia de la paleontología*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Col. Historia de la Ciencia: 185-215. ISBN 84-600-5332-6

6.5 Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Edad geológica**. Commons

Capítulo 7

Época geológica

Una **época geológica** es una unidad geocronológica formal de la escala temporal geológica que representa el tiempo correspondiente a la duración de una serie, la unidad cronoestratigráfica equivalente que comprende todas las rocas formadas en ese tiempo. Las épocas son subdivisiones de los periodos geológicos y se dividen a su vez en edades. Suelen reflejar cambios significativos en las biotas de cada periodo. Hay 38 épocas definidas para el eón Fanerozoico que se dividen en 98 edades. La duración estimada de cada una de las diferentes épocas va desde los 13 a los 35 millones de años.[1] Para el Precámbrico no se han podido establecer divisiones en épocas debido a lo escaso de su registro fósil.

Algunas épocas tienen un nombre derivado de una localidad o área (como Lopingiense o Guadalupiense), otras de las características generales de la fauna que habitó durante ese tiempo (como Paleoceno o Eoceno), sin embargo la mayoría de los nombres responde simplemente a la posición relativa dentro de su periodo (como Jurásico temprano o Devónico medio).

Como ejemplo: la Era Cenozoica se divide en tres períodos: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. El periodo Paleógeno se divide en tres **épocas**: Paleoceno, Eoceno y Oligoceno. La época Paleoceno se divide en tres edades: Daniense, Selandiense y Thanetiense.

7.1 Véase también

- Escala temporal geológica
- Geología histórica
- Unidad geocronológica

7.2 Referencias

[1] Comisión Internacional de Estratigrafía «Chapter 9. Chronostratigraphic Units». En: *International stratigraphic guide*.

Capítulo 8

Historia de la Tierra



El planeta Tierra, fotografiado en 1972.

La **historia de la Tierra** comprende desde su formación a partir de la nebulosa protosolar, por tanto hace unos 4600 millones de años (Ma), hasta el presente.[1] Ese tiempo es aproximadamente un tercio del total transcurrido desde el *Big Bang*, el cual se estima que tuvo lugar hace 13 700 Ma.[2] Este artículo es un resumen de las principales teorías científicas de la evolución de nuestro planeta, inferidas de los eventos geológicos y biológicos registrados en sus rocas a lo largo de su existencia.

8.1 Origen

El origen de la Tierra es el mismo que el del sistema solar. Lo que terminaría siendo el sistema solar inicialmente existió como una extensa mezcla de nubes de gas, rocas y polvo en rotación. Estaba compuesta por hidrógeno y helio surgidos en el *Big Bang*, así como por elementos más pesados producidos por supernovas. Hace unos 4600 millones de años, una estrella cercana se transformó en supernova y su explosión envió una onda de choque hasta la nebulosa protosolar incrementando su momento angular. A medida que la nebulosa empezó a incrementar su rotación, gravedad e inercia, se aplanó conformando

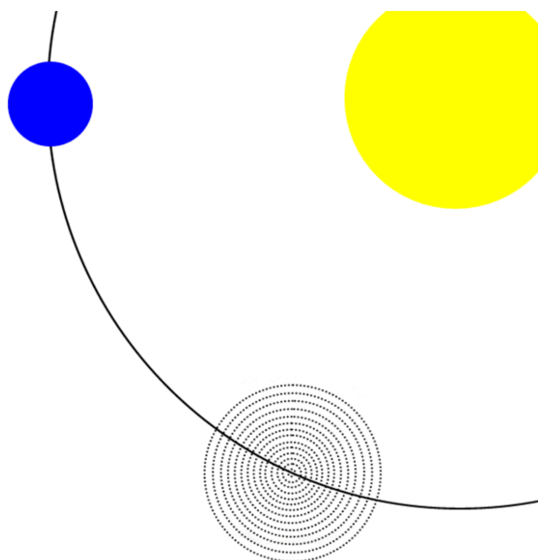


Representación artística de un disco protoplanetario.

un disco protoplanetario (orientado perpendicularmente al eje de rotación). La mayor parte de la masa se acumuló en su centro y empezó a calentarse, pero debido a las pequeñas perturbaciones del momento angular y a las colisiones de los numerosos escombros generados, empezaron a formarse protoplanetas. Aumentó su velocidad de giro y gravedad, originándose una enorme energía cinética en el centro. La imposibilidad de transmitir esta energía a cualquier otro proceso hizo que el centro del disco aumentara su temperatura. Por último, comenzó la fusión nuclear, de hidrógeno a helio, y al final, después de su contracción, se transformó en una estrella T Tauri: el Sol. La gravedad producida por la condensación de la materia —que previamente había sido capturada por la gravedad del propio Sol— hizo que las partículas de polvo y el resto del disco protoplanetario empezaran a segmentarse en anillos. Los fragmentos más grandes colisionaron con otros, conformando otros de mayor tamaño que al final formarían los protoplanetas.[3] Dentro de este grupo había uno situado aproximadamente a 150 millones de kilómetros del centro: la Tierra. El viento solar de la recién formada estrella arrastró la mayoría de las partículas que tenía el disco, condensándolas en cuerpos mayores.

8.2 La Luna

El origen de la Luna es incierto, aunque existen evidencias que apoyan la hipótesis del gran impacto. La Tierra



Animación (no a escala) de Theia en la formación de la Tierra en el punto L_5 y entonces, perturbado por la gravedad, chocó y se formó la Luna. La animación progresa suponiendo que la Tierra se mantiene inmóvil. La vista es desde el polo sur.

pudo no haber sido el único planeta que se formase a 150 millones de kilómetros de distancia del Sol. Podría haber existido otro protoplaneta a la misma distancia del Sol, en el cuarto o quinto punto de Lagrange. Este planeta, llamado Theia, se estima que sería más pequeño que la actual Tierra, probablemente del mismo tamaño y masa que Marte. Iba oscilando tras la Tierra, hasta que finalmente chocó con esta hace 4533 Ma.[4] La baja velocidad relativa y el choque oblicuo no fueron suficientes para destruir la Tierra, pero una parte de su corteza salió disparada al espacio. Los elementos más pesados de Theia se hundieron hacia el centro de la Tierra, mientras que el resto se mezcló y condensó con el de la Tierra. Esta órbita pudo ser la primera estable, pero el choque de ambos desestabilizó la Tierra y aumentó su masa. El impacto cambió el eje de giro de la Tierra, inclinándolo hasta los 23,5º; siendo el causante de las estaciones (el modelo ideal de los planetas tendría un eje de giro sin inclinación, paralelo al del Sol, y por tanto sin estaciones).

La parte que salió despedida al espacio (la Luna), bajo la influencia de su propia gravedad se hizo más esférica y fue capturada por la gravedad de la Tierra.

8.3 Primeros continentes

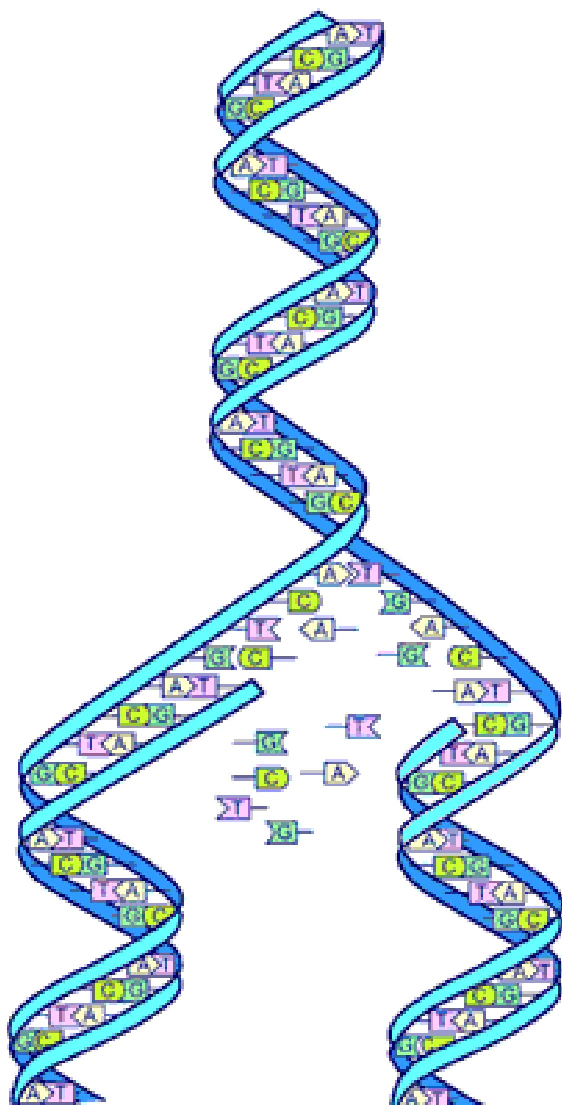
La convección del manto, el proceso que maneja las placas tectónicas actualmente, es el resultado del flujo de calor desde el interior hasta la superficie de la Tierra. Implica la creación de placas tectónicas rígidas en medio de las dorsales oceánicas y su destrucción en el manto en las zonas de subducción. Durante el principio del Arcaico (cerca de 3.0 Ga) el manto estaba mucho más caliente que en la actualidad, probablemente cerca de 1600 °C, por lo tanto la convección en el manto era más rápida. Aunque ocurría un proceso similar a la tectónica de placas de hoy en día, éste también habría sido mucho más rápido. Es probable que durante el Hádico y el Arcaico, las zonas de subducción fueran más abundantes, y por lo tanto las placas tectónicas fueran más pequeñas.

La corteza inicial, formada cuando la superficie de la Tierra se solidificó por primera vez, desapareció totalmente debido a la combinación de una tectónica de placas muy activa durante el Hádico y los grandes impactos del bombardeo intenso tardío en el Arcaico, hace entre 4100 y 3800 millones de años. Se supone que aquella corteza primitiva estaba compuesta de basalto, como la corteza oceánica actual, porque se había producido muy poca diferenciación en la corteza. Las primeras masas grandes de corteza continental, producto de la diferenciación de elementos más ligeros durante la fusión parcial en la parte más baja de la corteza, aparecieron al final del Hádico, hace cerca de 4.0 Ga. Los restos que quedan de aquellos primeros continentes son los llamados escudos o cratones. Estos elementos litosféricos ligeros del Hádico tardío y de la corteza del Arcaico temprano constituyeron los núcleos alrededor de los cuales crecieron los actuales continentes.

Las rocas más antiguas de la Tierra se encuentran el cratón norteamericano de Canadá. Son tonalitas que datan de unos 4,0 Ga. Estas rocas muestran rastros de metamorfismo por alta temperatura, pero también granos sedimentarios que han sido redondeados por la erosión durante el transporte por agua, mostrando que ya existieron entonces ríos y mares. Los cratones consisten primariamente de dos tipos alternativos de terranos. Los primeros se llaman cinturones de rocas verdes, que consisten en rocas sedimentarias de bajo grado de metamorfismo. Estas “rocas verdes” son similares a los sedimentos que hoy en día encontramos en las fosas oceánicas, encima de las zonas de subducción. Por esta razón, las rocas verdes son algunas veces vistas como evidencia de subducción durante el Arcaico. El segundo tipo es un complejo de rocas magmáticas félsicas. Estas rocas son mayormente tonalitas, trondhjemitas o granodioritas, tipos de roca similar en composición al granito. Los complejos TTG son vistos como los relictos de la primera corteza continental, formada por la fusión parcial en basalto.

8.4 Vida

Los detalles del origen de la vida se desconocen, aunque se han establecido unos principios generales. Hay dos teorías sobre el origen de la vida. La primera defiende la hipótesis de la "panspermia", y sugiere que la materia orgánica pudo haber llegado a la Tierra desde el espacio,[5] mientras que otros argumentan que tuvo origen terrestre. En cambio, es similar el mecanismo por el cual la vida surgió.

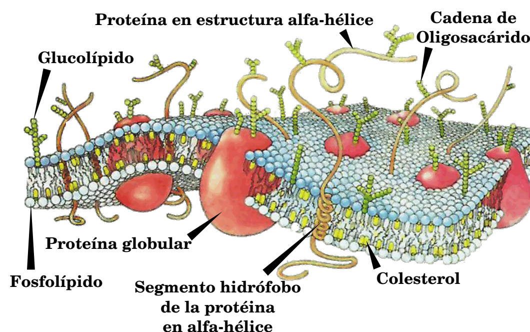


El replicador más conocido es el ácido desoxirribonucleico. El ADN es bastante más complejo que el replicador original y el proceso de replicación está altamente elaborado.

La vida surgió en la Tierra quizás hace unos 4000 Ma, aunque el cálculo de cuándo comenzó es bastante especulativo. Generada por la energía química de la joven Tierra, surgió una molécula (o varias) que poseía la capacidad de hacer copias similares a sí misma: el «primer replicador». La naturaleza de esta molécula se desconoce. Esta ha sido reemplazada en funciones, a lo largo del tiempo, por el actual replicador: el ADN. Haciendo copias de sí mismo, el replicador funcionaba con exactitud, pero algunas copias contenían algún error. Si este cambio destruía la capacidad de hacer nuevas copias se extinguía. De otra manera, algunos cambios harían más rápida o mejor la réplica: esta variedad llegaría a ser numerosa y exitosa. A medida que aumentaba la materia viva, la "comida" iba agotándose, y las «cadenas» explotarían nuevos materiales, o quizás detenía el progreso de otras «cadenas» y recogía sus recursos, llegando a ser más numerosas.

Se han propuesto varios modelos para explicar cómo podría desarrollarse el replicador. Se han propuesto diferentes cadenas, incluidas algunas como las proteínas modernas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, cristales, o incluso sistemas cuánticos. Actualmente no hay forma de determinar cuál de estos modelos pudo ser el originario de la vida en la Tierra. Una de las teorías más antiguas, en la cual se ha estado trabajando minuciosamente, puede servir como ejemplo para saber cómo podría haber ocurrido. La gran energía de los volcanes, rayos y la radiación ultravioleta podrían haber ayudado a desencadenar las reacciones químicas produciendo moléculas más complejas a partir de compuestos simples como el metano y el amoníaco. Entre estos compuestos orgánicos simples estarían los bloques con los que se construiría la vida. A medida que aumentaba esta "sopa orgánica", las diferentes moléculas reaccionaban unas con otras. A veces se obtenían moléculas más complejas. La presencia de ciertas moléculas podría aumentar la velocidad de reacción. Esto continuó durante bastante tiempo, con reacciones más o menos aleatorias, hasta que se creó una nueva molécula: el «replicador». Este tenía la extraña propiedad de promover reacciones químicas para conseguir una copia de sí mismo, con lo que comenzó realmente la evolución. Se han postulado otras teorías del replicador. En cualquier caso, el ADN ha reemplazado al replicador. Toda la vida conocida (excepto algunos virus y priones) usan el ADN como su replicador, de forma casi idéntica.

8.5 Células



Sección de una membrana celular. Esta membrana celular actual, es bastante más compleja que la simple doble capa de fosfolípidos original (la pequeña capa de esferas azules). Las proteínas y los carbohidratos cumplen varias funciones regulando el paso de materia a través de la membrana y relacionándose con el ambiente.

En la actualidad se tiene que reproducir materia empaquetada dentro de la membrana celular. Es fácil comprender el origen de la membrana celular, así como el origen del replicador, debido a que las moléculas de fosfolípidos que construyen una membrana celular a menudo forman una bicapa espontáneamente cuando se colocan en agua (véase "Teoría de la burbuja").[6] No se sabe si este pro-

ceso precede o da como resultado el origen del replicador (o quizás *fuera* el replicador). La teoría que predomina más es que el replicador, quizás el ARN (hipótesis del ARN mundial), junto a este instrumento de reproducción y tal vez otras biomoléculas, ya habían evolucionado. Al principio las protocélulas simplemente podrían haber explotado cuando crecían demasiado; el contenido esparcido podría haber recolonizado otras “burbujas”. Las proteínas que estabilizaban la membrana, o que ayudaban en la división de forma ordenada, podrían estimular la proliferación de estas cadenas celulares. ARN es probablemente un candidato para un primer replicador ya que puede almacenar información genética y catalizar reacciones. En algunos puntos el ADN prevaleció el papel de recopilador genético sobre el ARN, y las proteínas conocidas como enzimas adoptaron el papel de catalizar, dejando al ARN para transferir información y modular el proceso. Se tiende a creer que estas primigenias células pudieron evolucionar en grupos en las chimeneas volcánicas submarinas conocidas como "fumarolas negras";[7] o incluso calientes, rocas marinas.[8] No obstante, se cree que de todas estas múltiples células, o protocélulas, sólo una sobrevivió. Las evidencias sugieren que el último antepasado universal vivió durante el principio del Eón Arcaico, hace alrededor de 3500 Ma o incluso antes.[9][10] Esta célula “LUCA” es el antecesor común de todas las células y por tanto de toda la vida en la Tierra. Fue probablemente una procariota, la cual poseía una membrana celular y probablemente ribosomas, pero carente de un núcleo u orgánulos como mitocondrias o cloroplastos. Igual que todas las células modernas, utilizaba el ADN como código genético, el ARN para transferir información y sintetizar proteínas, y los enzimas para catalizar las reacciones. Algunos científicos opinan que en vez de ser un sólo organismo el que dio lugar al último antepasado universal, había poblaciones de organismos intercambiándose genes en transferencia horizontal.[9]

8.6 Fotosíntesis y oxígeno



El aprovechamiento de la energía solar dio lugar a varios de los mayores cambios de la vida en la Tierra.

Probablemente las primeras células eran todas heterótrofas, utilizando todas las moléculas orgánicas (incluso las de otras células) como materia prima y como fuente de energía.[11] A medida que el suministro de comida disminuía, algunas desarrollaron una nueva estrategia. En vez utilizar los cada vez menores grupos de moléculas orgánicas libres, estas moléculas adoptaron la luz solar como fuente de energía. Las estimaciones varían, pero hace unos 3000 Ma,[12] algo similar a la actual fotosíntesis se había desarrollado. Esto hizo que la energía solar disponible no sólo para los autótrofos sino que también para los heterótrofos que se nutrían de ellos. La fotosíntesis consume bastante CO_2 y agua como materia prima y, con la energía de la luz solar, produce moléculas ricas en energía (los carbohidratos).

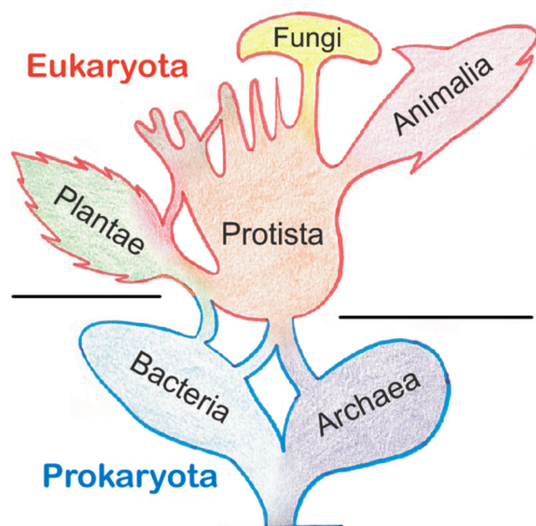
Además, se producía oxígeno como desecho de la fotosíntesis. Al principio se combinaba con caliza, hierro, y otros minerales. Hay una prueba sólida de esto en las capas ricas de hierro oxidado en el estrato geológico correspondiente a este periodo. Los océanos habrían cambiado el color a verde mientras el oxígeno estaba reaccionando con los minerales. Cuando cesaron las reacciones, el oxígeno pudo finalmente llegar a la atmósfera. Aunque cada célula sólo produce una pequeña cantidad de oxígeno, el metabolismo combinado de todas ellas, durante un vasto período, transformó la atmósfera terrestre al estado actual.[13]

La actual es, entonces, la tercera atmósfera de la Tierra. La radiación ultravioleta excitó parte del oxígeno formando ozono, el cual se fue acumulando en una capa cerca de la zona superior de la atmósfera. La capa de ozono absorbía, y absorbe aún, una cantidad significativa de la radiación ultravioleta, que antes atravesaba sin impedimentos la atmósfera. Esto permitió a las células colonizar la superficie del océano y, en definitiva, la tierra.[14] Sin la capa de ozono, la radiación ultravioleta bombardearía permanentemente la superficie terrestre, causando niveles insostenibles de mutación en las células expuestas.

Además de proporcionar una gran cantidad de energía disponible para la vida y bloquear la radiación ultravioleta, la fotosíntesis causó un tercer efecto, el más importante, y que tendría un impacto a escala planetaria: el oxígeno era tóxico para la mayor parte de la vida anterior a la fotosíntesis. Probablemente gran parte de la vida en la tierra murió al aumentar sus niveles, es la llamada "catástrofe del oxígeno".[14] Las formas de vida que sobrevivieron, prosperaron, y algunas desarrollaron la capacidad de utilizar el oxígeno para mejorar su metabolismo y obtener más energía de la misma materia orgánica.

8.7 Endosimbiosis y los tres dominios de la vida

La moderna Taxonomía clasifica la vida en tres dominios. El momento del origen de estos dominios es teórico. El



Árbol simbiogenético-filogenético de los seres vivos. Origen de la célula eucariota por simbiogénesis entre una arquea huésped y una bacteria endosimbionte. Luego la simbiogénesis entre un protista y una cianobacteria originó las plantas.

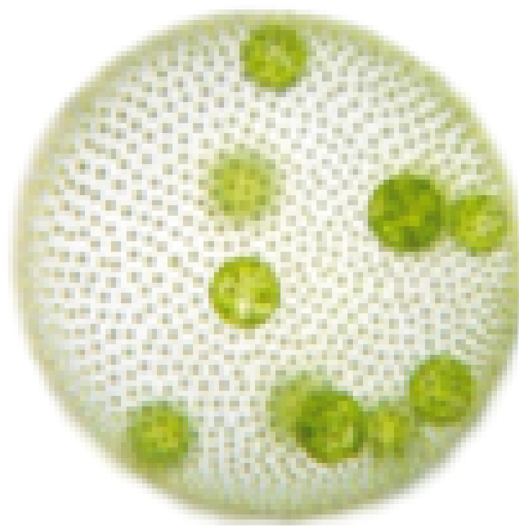
dominio Bacteria fue probablemente el primero que se separó de las otras formas de vida (que a veces se agrupan en Neomura), pero esta suposición es controvertida. Después de esto, hace 2000 Ma,[15] Neomura se dividió dando lugar a los otros dos dominios, Archaea (arqueas) y Eukaryota (eucariotas). Las células eucarióticas son más grandes y más complejas que las procarióticas (bacterias y arqueas), y el origen de su complejidad sólo ahora está saliendo a la luz.

Sobre este período una pequeña proteobacteria alfa relacionada con las actuales *Rickettsia*[16] se introdujo en una célula procariota más grande. Tal vez fue un intento de ingestión por parte de la célula grande que falló (debido a la evolución de las defensas de la pequeña proteobacteria). Quizás la célula más pequeña trató de parasitar a la más grande. En cualquier caso, las células más pequeñas sobrevivieron en el interior de las más grandes. El uso del oxígeno, permitió metabolizar los desechos de las células más grandes y así obtener más energía. Parte de este excedente de energía fue devuelto a la reserva. Las células más pequeñas se reproducían en el interior de la más grande, y al poco tiempo dio lugar una relación simbiótica estable.

Con el tiempo la célula más grande adquirió algunos de los genes de las células más pequeñas, y los dos tipos llegaron a ser uno dependiente del otro: las células más grandes no podrían sobrevivir sin la energía producida por las más pequeñas, y estas, a su vez, no podrían prosperar sin la materia prima proporcionadas por las células mayores. La simbiosis que se consiguió, entre las células más grandes y el grupo de células más pequeñas que estaban en su interior, fue tal que se considera que se han convertido en un solo organismo. Las células más pequeñas están clasificadas como orgánulos llamados mitocondrias.

Algo parecido pasó con la fotosíntesis de las cianobacterias.[17] Entrando en las células heterótrofas más grandes y llegando a ser cloroplastos.[18],[19] Probablemente como resultado de estos cambios, un grupo de células capaces de realizar la fotosíntesis se separó de las demás eucariotas hará unos 1000 Ma. Había probablemente tal inclusión de eventos, como la figura de la izquierda indica. Además de la teoría endosimbiótica del origen celular de las mitocondrias y cloroplastos, se ha sugerido que las células que dieron lugar a las peroxisomas y spirochaetes también dieron lugar a los cilios y flagelos, y quizás a un virus ADN, además de dar lugar al núcleo celular,[20][21] aunque ninguna de estas teorías es generalmente aceptada.[22] Durante este período, se cree que ha existido un supercontinente llamado Columbia, probablemente, hace alrededor de 1800 a 1500 Ma; y que es el supercontinente más antiguo. [23]

8.8 Organismos pluricelulares



Se cree que Volvox aureus *es similar a las primeras plantas pluricelulares.*

Las archaeas, bacterias y eucariotas continuaron dispersándose y llegando a ser más complejas y mejor adaptadas a su medio ambiente. Cada dominio continuamente se distribuía en múltiples linajes, aunque se sabe poco sobre la historia de las bacterias y archaeas. Hace alrededor de 1100 Ma, se formó el supercontinente Rodinia.[24] Estas células se diversificaron en las líneas de los tres reinos (plantae, animalia, y fungi), a pesar de que aún existen células solitarias. Algunas vivían en colonias, y gradualmente se produjo la división del trabajo: por ejemplo, las células de la periferia podrían haber comenzado a asumir funciones diferentes a las de las existentes en el interior.

Aunque la división entre una colonia de células especializadas y un organismo pluricelular no siempre es clara, hace alrededor de 1000 Ma.[25]

Las primeras plantas pluricelulares surgieron, probablemente, de las algas verdes.[26] Probablemente hace unos 900 Ma,[27] el verdadero pluricelular también habría evolucionado a animales. Al principio, probablemente, algo semejante a la actual esponja, en el que todas las células eran totipotentes y un organismo mutilado podría regenerarse.[28] Como la división del trabajo se volvió más completa en todos los sentidos en los organismos pluricelulares, las células se volvieron más especializadas y más dependientes de las demás; las células aisladas morirían. Hay indicios de que una glaciación muy severa comenzó hace alrededor de 770 Ma, de tal gravedad que la superficie de todos los océanos se congeló por completo (la glaciación global). Finalmente, 20 Ma después, cuando una cantidad suficiente de dióxido de carbono volcánico llegó a la atmósfera, se produjo el consiguiente efecto invernadero, subiendo la temperatura global del planeta.[29] Por la misma época, hace unos 750 Ma,[30] Rodinia comenzó a fracturarse.

8.9 Colonización de la superficie



Durante la mayor parte de la historia de la Tierra, no existían organismos pluricelulares en la tierra. La superficie se asemejaba vagamente a la de Marte, uno de los planetas vecinos de la Tierra.

La acumulación del oxígeno de la fotosíntesis dio lugar a la formación de una capa de ozono que absorbió gran parte de la radiación ultravioleta del Sol. Así, los organismos unicelulares que llegaron a la superficie de la tierra tenían mayores probabilidades de sobrevivir. Los procariotas empezaron a multiplicarse y a adaptarse mejor a la supervivencia fuera del agua. Los procariotas probablemente habían colonizado la tierra ya hace 2600 Ma[31] incluso antes de que el origen de las eucariotas. Durante mucho tiempo, se mantuvo la superficie estéril y sin organismos multicelulares. El supercontinente Pannotia fue formado alrededor de 600 Ma y luego se fracturó (solo 50 Ma más tarde).[32]Los peces, los primeros vertebrados, aparecieron en los océanos alrededor de 530 Ma.[33] A finales del Cámbrico ocurrió una extinción masiva,,[34] la cual terminó hace 488 Ma.[35]

Hace varios cientos de millones de años, las plantas (organismos probablemente parecidos a las algas) y los hongos, se empezaron a desarrollar en los bordes del agua, y después fuera de ella.[36] Los fósiles más antiguos de la tierra, hongos y plantas, se datan alrededor de 480 a 460 Ma, aunque la evidencia molecular sugiere que los hongos pueden haber colonizado la tierra ya hace 1000 Ma, y las plantas hace 700 Ma.[37] La colonización de la vida comenzó, al principio en los bordes del agua, y después las mutaciones y variaciones dieron lugar a sucesivas colonizaciones de nuevos entornos.

El momento en que los primeros animales salieron de los océanos no se conoce con precisión: la más antigua evidencia clara en la superficie son los artrópodos hace alrededor de 450 Ma,[38] prósperos y cada vez mejor adaptados, debido a la gran fuente de alimento proporcionado por las plantas terrestres. También hay algunas pruebas de que los artrópodos no confirmados, pueden haber aparecido en la tierra hace 530 Ma.[39] Al final del período Ordovícico, hace 440 Ma, se produjeron otras extinción masiva, debido, quizá, a una glaciación.[40] Hace alrededor de 380 a 375 Ma, los primeros tetrápodos evolucionaron a partir de los peces.[41]

Se piensa que quizás las aletas evolucionaron hasta convertirse en las extremidades que permitían a los primeros tetrápodos levantar la cabeza fuera del agua para respirar aire. Esto les permitiría sobrevivir en aguas pobres en oxígeno o perseguir pequeñas presas en aguas poco profundas.[41] Más tarde podrían aventurarse en tierra por breves períodos. Progresivamente, algunos se adaptaron tan bien a la vida terrestre que pasaban su vida adulta en la tierra, a pesar de nacer y tener que poner los huevos en el agua. Este fue el origen de los anfibios.

Hace cerca de 365 Ma, se produjo una nueva extinción masiva, tal vez como resultado de un enfriamiento global.[42] Las plantas desarrollaron semillas, y se aceleró drásticamente su propagación en la tierra en esta época (hace unos 360 Ma).[43],[44]

Unos 20 millones de años más tarde (hace 340 Ma[45]), evolucionó el huevo amniótico, que podría ponerse en la tierra, dando una ventaja en la supervivencia de los embriones de tetrápodos. Esto dio lugar a la divergencia de los amniotas y los anfibios. Otros 30 millones de años (hace 310 Ma[46]) después, se observa la divergencia de los synapsidas (incluidos los mamíferos) y los saurópsidos (incluidas las aves, no aves y los reptiles no mamíferos). Otros grupos de organismos continuaron evolucionando en líneas divergentes (en peces, insectos, bacterias, etc), pero se conocen menos detalles. Hace 300 Ma, se formó el supercontinente más cercano a la actualidad, llamado Pangea.

La extinción más grave hasta hoy tuvo lugar hace 250 Ma, en el límite de los períodos Pérmico y Triásico: el 95 % de la vida en la Tierra desapareció,[47] posiblemente debido al evento volcánico llamado trampas siberianas. El descubrimiento del cráter de la Tierra de Wilkes en la Antártida podría sugerir una conexión con la extinción del Pérmico-



Pangea, el supercontinente más reciente, existió de 300 a 180 Ma. Las siluetas de los continentes modernos y otras masas de tierra se indican en este mapa.

Triásico, pero la edad del cráter no se conoce.[48] Pero la vida continuó, y en torno a 230 Ma,[49] los dinosaurios se separaron de sus antepasados reptiles. Un extinción masiva entre ellos períodos Triásico y Jurásico hace 200 Ma, prescindió de muchos de los dinosaurios,[50] aunque pronto se convirtieron en los dominantes entre los vertebrados. Si bien los mamíferos empezaron a divergir durante este periodo, tenían todos probablemente semejanzas pequeñas musarañas.[51]

Hace unos 180 Ma, Pangea se dividió en Laurasia y Gondwana. El límite entre las aves y los dinosaurios no-aves no está claro. El Archaeopteryx, considerado tradicionalmente una de las primeras aves, vivó hace alrededor de 150 Ma.[52] Las primeras evidencias de las angiospermas es durante el período Cretácico, unos 20 millones de años más tarde (hace 132 Ma)[53] La competencia con las aves condujo a la extinción a muchos pterosaurios, y los dinosaurios comenzaron a declinar por diferentes causas.[54]

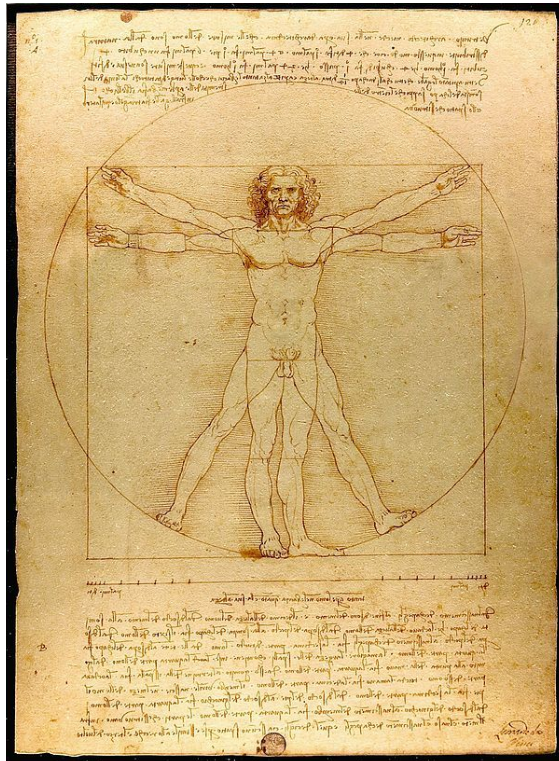
Se cree que cuando, hace 65 Ma, un meteorito de 10 kilómetros chocó con la Tierra cerca de la península de Yucatán, expulsó grandes cantidades de partículas de polvo y vapor a la atmósfera impidiendo la llegada de luz solar a la superficie, y por tanto la fotosíntesis, durante años. La mayoría de los grandes animales, incluidos los dinosaurios no-aves, se extinguieron,[55] lo cual marca el fin del período Cretácico y la era Mesozoica.

Posteriormente, en el Paleoceno, los mamíferos se diversificaron rápidamente, aumentaron en tamaño y se convirtieron en los vertebrados dominantes. Tal vez un par de millones de años más tarde (hace alrededor de 63 Ma), vivió el último ancestro común de los primates.[56] A fines del Eoceno, hace 34 Ma, algunos mamíferos terrestres regresaron al mar para convertirse en animales como *Basilosaurus*, que más tarde dieron lugar a los delfines y ballenas.[57]

8.10 Homínidos

Un pequeño mono africano que vivió hace unos seis millones de años fue el primero de los animales cuyos descendientes incluyen tanto a los humanos modernos como a sus parientes más cercanos, los bonobos y chimpancés.[58] Sólo sobreviven dos ramas de su árbol de familia. Muy poco después de la división, por razones que aún se debaten, una rama desarrolló la capacidad de caminar en posición vertical.[59] El tamaño del cerebro aumentó rápidamente, y hace 2 Ma, aparecieron los primeros animales clasificados en el género *Homo*.[60] Por supuesto, la línea entre diferentes especies o incluso géneros es bastante arbitraria así como los continuos cambios producidos durante generaciones. En la misma época, la otra rama dio lugar a los antepasados del chimpancé común y bonobo, que evolucionaron simultáneamente.[58] La capacidad de controlar el fuego que comenzó con el *Homo erectus* (o el *Homo ergaster*), probablemente hace por lo menos 790 000 años[61] o quizás tan pronto como hace 1,5 Ma.[62] Es más difícil establecer el origen del lenguaje, no está claro si el *Homo erectus* podía hablar o si esa capacidad no había empezado hasta el *Homo sapiens*.[63] Con el aumento de tamaño del cerebro, los bebés nacieron antes, antes sus cabezas crecían demasiado como para pasar a través de la pelvis. Como resultado, se exhiben más plasticidad, y por lo tanto poseen una mayor capacidad de aprender y requiere un período más largo de dependencia. Las habilidades sociales se hicieron más complejas, el lenguaje se hizo más avanzados, y las herramientas eran más elaboradas. Esto contribuyó a aumentar la cooperación y el desarrollo cerebral.[64] Anatómicamente los humanos modernos - Homo sapiens - se cree que se originó hace alrededor de 200 000 años o antes en África; los más antiguos fósiles que datan de unos 160 000 años.[65] Los primeros seres humanos que mostraron signos de espiritualidad fueron los neandertales, enterraban a sus muertos, al parecer a menudo con alimentos o herramientas.[66] Sin embargo, las pruebas de las creencias más sofisticadas, como la de los primeros Cromagnon, las pinturas rupestres (probablemente con significado religioso o mágico)[67] no aparecieron hasta hace unos 32 000 años.[68] Cro-Magnons también dejaron figuras de piedra como la Venus de Willendorf, que probablemente también tuviera significado religioso.[67] Hace unos 11 000 años, el *Homo sapiens* había llegado a la punta sur de América del Sur, el último de los continentes deshabitados.[69] Las herramientas y el idioma continuó mejorándose; las relaciones interpersonales se hicieron más complejas.

8.11 Civilización



El hombre de Vitruvio de Leonardo da Vinci personificó los avances en el arte y la ciencia vistos durante el Renacimiento.

A lo largo de más del 90 % de su historia, el *Homo sapiens* vivió en pequeños grupos de nómadas cazadores-recolectores.[70] Mientras que la lengua llegó a ser más compleja, la capacidad de recordar y de transmitir la información dio lugar a una nueva clase de replicador: el meme.[71] Ahora las ideas se intercambiaban más rápido y era más sencillo transmitirlas de generación a generación. Evolución cultural superando la evolución biológica. En algún punto entre 8500 y 7000 a. C., los seres humanos que vivían en el llamado creciente fértil, actual Oriente Medio, comenzaron, de manera sistemática, la cría de animales y plantas: la agricultura.[72] Esto se extendió a las regiones vecinas y/o surgio de forma independiente en otros lugares, hasta que la mayoría de *Homo sapiens* optaron por la vida sedentaria en pequeños asentamientos como agricultores pero no todas las sociedades abandonaron el nomadismo, en especial los que están en zonas aisladas del planeta pobres en especies de plantas domesticables, tales como Australia.[73] Sin embargo, entre esas civilizaciones que adoptaron la agricultura, la seguridad y la productividad creciente relativas proporcionadas cultivando permitió que la población se ampliara. La agricultura tenía un impacto importante; los seres humanos comenzaron a afectar el ambiente como nunca antes. Los excedentes de alimentos permitieron surgir a la clase sacerdotal o gobernante, seguido por un aumento de la división del trabajo. Esto condujo a la primera civilización de la tierra en Sumeria en el Oriente Medio, entre 4000 y 3000 a. C.[74] Otras civilizaciones surgieron rápidamente en Egipto y en el valle del río Indo.

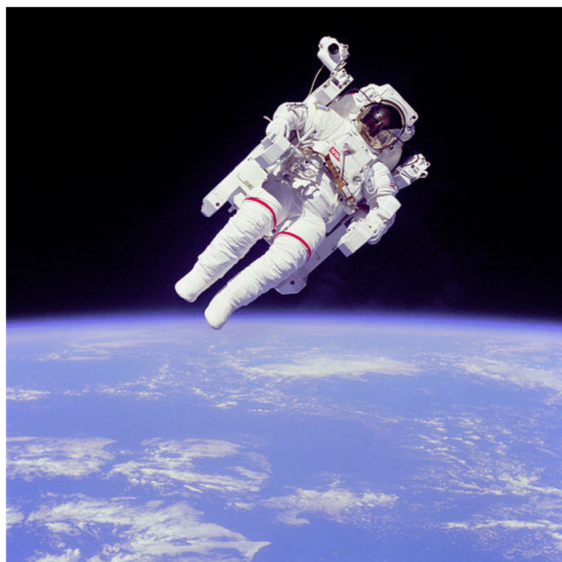
A partir de alrededor de 3000 a. C., el hinduismo, una de las religiones más antiguas todavía se practica hoy en día, comenzó a tomar forma.[75] Surgieron otras pronto. La invención de la escritura permitió a sociedades complejas presentarse: el mantenimiento de registros y las bibliotecas sirvieron como almacén del conocimiento y aumentaron la transmisión cultural de la información. Los seres humanos ya tenían que gastar todo su tiempo en la supervivencia y la educación llevó a la búsqueda del conocimiento y la sabiduría. Diversas disciplinas, incluyendo la ciencia (en una forma primitiva) aparecieron. Nueva civilizaciones surgieron, comerciando entre ellas, o participando en guerras por territorios y recursos: se empezaban a formar los imperios. alrededor del 500 a. C., hubo imperios en el Medio Oriente, Irán, la India, China y Grecia, aproximadamente de la misma forma.[76]

En el siglo XIV, el Renacimiento comenzó en Italia con los avances en religión, arte y ciencia.[77] A comienzos de 1500, la civilización europea comenzó a experimentar los cambios que conducían a la revolución científica e industrial: ese continente comenzó a ejercer una dominación política y cultural sobre las sociedades humanas de todo el planeta.[78] De 1914 a 1918 y de 1939 a 1945, la mayoría de las naciones del mundo estuvieron envueltas en las guerras mundiales. Creada después de la Primera Guerra Mundial, la Sociedad de Naciones fue un primer paso hacia un gobierno mundial; después de la Segunda Guerra Mundial que fue sustituido por la ONU. En 1992, varios países europeos, se unieron para formar la Unión Europea. Como el transporte y la mejora de la comunicación, la economía y los asuntos políticos de las naciones de todo el mundo se han vuelto cada vez más interrelacionadas. Esta globalización ha producido con frecuencia la discordia, aunque también una mayor colaboración internacional.

8.12 Hechos recientes

El cambio ha continuado a un ritmo rápido a partir de mediados de la década de 1940. Los progresos tecnológicos incluyen armas nucleares, ordenadores, ingeniería genética, y nanotecnología. La globalización de la economía impulsada por los avances tecnológicos en comunicación y transporte ha influido en la vida cotidiana de muchas partes del mundo. Formas culturales e institucionales, tales como democracia, capitalismo, y el movimiento ecologista han aumentado su influencia. Las principales preocupaciones y problemas como enfermedades, guerra, pobreza, radicalismo violento, y más recientemente, el calentamiento global han aumentado a medida que aumenta la población mundial.

En 1957, la Unión Soviética lanzó el primer satélite artificial en órbita y, poco después, Yuri Gagarin se convirtió



Cuatro mil quinientos millones de años después de la formación del planeta, una de las formas de vida terrestre salió libre de la biosfera. Por primera vez en la historia, la Tierra se vio desde la perspectiva del espacio.

en el primer humano en el espacio. Neil Armstrong, un estadounidense, fue el primero en poner pie sobre otro objeto espacial, el satélite de la Tierra (la Luna). Sondas no tripuladas han sido enviadas hacia todos los planetas en el sistema solar, y algunos como los Voyager han abandonado el sistema solar. La Unión Soviética y los Estados Unidos fueron al principio los principales líderes en la exploración espacial en el siglo XX. Cinco agencias espaciales, que representan a más de quince países,[79] han trabajado juntos para construir la Estación Espacial Internacional. A bordo de ella, ha habido una continua presencia humana en el espacio desde el 2000.[80]

8.13 Véase también

- Geología histórica
- Escala temporal geológica
- Formación y evolución del sistema solar
- Historia de la vida
- Historia de la humanidad
- Cronología de la historia evolutiva de la vida

8.14 Referencias

[1] «Sonda Dawn escudriñará misterios del Sistema Solar». *Deutsche Welle 27.09.2007*. 2007. Consultado el 30 de diciembre de 2007.

[2] «"Una nueva imagen del comienzo del universo muestra la época de las primeras estrellas, la edad del cosmos y más cosas"». NASA (publicado el 26-3-2006). 11 de febrero de 2003.

[3] Chaisson, Eric J. (2005). «Solar System Modeling». *Cosmic Evolution*. Tufts University. Archivado desde el original el 28 de noviembre de 2015. Consultado el 27 de marzo de 2006.

[4] «Marte y la Tierra: dos hermanos distintos». *Deutsche Welle 17.05.2006*. 2006. Consultado el 30 de diciembre de 2007.

[5] «What Is A Comet?». *Deutsche Welle 26.02.2004* (en inglés). 2004. Consultado el 30 de diciembre de 2007.

[6] Fortey, Richard (Septiembre de 1999) [1997]. «Dust to Life». *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Vintage Books. p. 40. ISBN 0-375-70261-X.

[7] Fortey, Richard (Septiembre de 1999) [1997]. «Dust to Life». *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Vintage Books. pp. 42-44. ISBN 0-375-70261-X.

[8] Dawkins, Richard (2004). «Canterbury». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. p. 580. ISBN 0-618-00583-8.

[9] Penny, David; Anthony Poole (Diciembre de 1999). «The nature of the last universal common ancestor». *Current Opinions in Genetics and Development* **9** (6): 672-677. PMID 1060760. Archivado desde el original el 28 de noviembre de 2015. (PDF)

[10] «Earliest Life». Universidad de Münster. 2003. Consultado el 28 de marzo de 2006.

[11] Dawkins, Richard (2004). «Canterbury». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 564-566. ISBN 0-618-00583-8.

[12] De Marais, David J. (8 de septiembre, 2000). «Evolution: When Did Photosynthesis Emerge on Earth?». *Science* **289** (5485): 1703-1705. PMID 11001737. (full text)

[13] Fortey, Richard (September de 1999) [1997]. «Dust to Life». *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Vintage Books. pp. 50-51. ISBN 0-375-70261-X.

[14] Chaisson, Eric J. (2005). «Early Cells». *Cosmic Evolution*. Universidad Tufts. Archivado desde el original el 28 de noviembre de 2015. Consultado el 29 de marzo de 2006.

[15] Woese, Carl; J. Peter Gogarten (21 de octubre, 1999). «When did eukaryotic cells evolve? What do we know about how they evolved from earlier life-forms?». *Scientific American*.

[16] Andersson, Siv G. E.; Alireza Zomorodipour, Jan O. Andersson, Thomas Sicheritz-Pontén, U. Cecilia M. Alsmark, Raf M. Podowski, A. Kristina Näslund, Ann-Sofie Eriksson, Herbert H. Winkler, & Charles G. Kurland (12 de noviembre, 1998). «The genome sequence of *Rickettsia prowazekii* and the origin of mitochondria». *Nature* **396**

(6707): 133-140. doi:10.1038/24094. PMID 9823893. Archivado desde el original el 28 de noviembre de 2015.

[17] Berglsand, Kristin J.; Robert Haselkorn (Junio de 1991). «Evolutionary Relationships among the Eubacteria, Cyanobacteria, and Chloroplasts: Evidence from the *rpoC1* Gene of *Anabaena* sp. Strain PCC 7120». *Journal of Bacteriology* **173** (11): 3446-3455. PMID 1904436. (PDF)

[18] Dawkins, Richard (2004). «The Great Historic Rendezvous». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 536-539. ISBN 0-618-00583-8.

[19] Fortey, Richard (Septiembre de 1999) [1997]. «Dust to Life». *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Vintage Books. pp. 60-61. ISBN 0-375-70261-X.

[20] Takemura, Masaharu (Mayo de 2001). «Poxviruses and the origin of the eukaryotic nucleus.». *Journal of Molecular Evolution* **52** (5): 419-425. PMID 11443345.

[21] Bell, Philip J (Septiembre de 2001). «Viral eukaryogenesis: was the ancestor of the nucleus a complex DNA virus?». *Journal of Molecular Evolution* **53** (3): 251-256. PMID 11523012.

[22] Gabaldón, Toni; Berend Snel, Frank van Zimmeren, Wieger Hemrika, Henk Tabak, and Martijn A. Huynen (23 de marzo de 2006). «Origin and evolution of the peroxisomal proteome.». *Biology Direct* **1** (1): 8. PMID 16556314. (PDF)

[23] Whitehouse, David (2002). «Ancient supercontinent proposed». BBC. Consultado el 16 de abril de 2006.

[24] Hanson, Richard E.; James L. Crowley, Samuel A. Bowring, Jahandar Ramezani, Wulf A. Gose, *et al.* (21 de mayo de 2004). «Coeval Large-Scale Magmatism in the Kalahari and Laurentian Cratons During Rodinia Assembly». *Science* **304** (5674): 1126-1129. doi 10.1126/science.1096329.

[25] Chaisson, Eric J. (2005). «Ancient Fossils». *Cosmic Evolution*. Universidad Tufts. Archivado desde el original el 28 de noviembre de 2015. Consultado el 31 de marzo de 2006.

[26] Bhattacharya, Debashish; Linda Medlin (1998). «Algal Phylogeny and the Origin of Land Plants». *Plant Physiology* **116**: 9-15. (PDF)

[27] Dawkins, Richard (2004). «Choanoflagellates». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. p. 488. ISBN 0-618-00583-8.

[28] Dawkins, Richard (2004). «Sponges». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 483-487. ISBN 0-618-00583-8.

[29] Hoffman, Paul F.; Alan J. Kaufman, Galen P. Halverson, & Daniel P. Schrag (28 de agosto de 1998). «A Neoproterozoic Snowball Earth». *Science* **281** (5381): 1342-1346. doi 10.1126/science.281.5381.1342. Consultado el 16 de abril de 2006. (abstract)

[30] Torsvik, Trond H. (30 de mayo de 2003). «The Rodinia Jigsaw Puzzle». *Science* **300** (5624): 1379-1381. doi 10.1126/science.1083469.

[31] Pisani, Davide; Laura L. Poling, Maureen Lyons-Weiler, & S. Blair Hedges (19 de enero de 2004). «The colonization of land by animals: molecular phylogeny and divergence times among arthropods». *BMC Biology* **2** (1). doi 10.1186/1741-7007-2-1.

[32] Lieberman, Bruce S. (2003). «Taking the Pulse of the Cambrian Radiation». *Integrative and Comparative Biology* **43** (1): 229-237. doi 10.1093/icb/43.1.229.

[33] Dawkins, Richard (2004). «Lampreys and Hagfish». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. p. 354. ISBN 0-618-00583-8.

[34] «The Mass Extinctions: The Late Cambrian Extinction». BBC. Archivado desde el original el 7 de abril de 2000. Consultado el 9 de abril de 2006.

[35] Landing, E.; S. A. Bowring, K. L. Davidek, R. A. Fortey, & W. A. P. Wimbledon (2000). «Cambrian–Ordovician boundary age and duration of the lowest Ordovician Tremadoc Series based on U–Pb zircon dates from Avalonian Wales». *Geological Magazine* **137** (5): 485-494. doi 10.1017/S0016756800004507. (abstract)

[36] Fortey, Richard (septiembre de 1999) [1997]. «Landwards». *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Vintage Books. pp. 138-140. ISBN 0-375-70261-X.

[37] Heckman, D. S.; D. M. Geiser, B. R. Eidell, R. L. Stauffer, N. L. Kardos, & S. B. Hedges (10 de agosto de 2001). «Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants.». *Science* **10** (293): 1129-1133. doi:10.1126/science.1061457. PMID 11498589. (abstract)

[38] Johnson, E. W.; D. E. G. Briggs, R. J. Suthren, J. L. Wright, & S. P. Tunnicliff (Mayo de 1994). «Non-marine arthropod traces from the subaereal Ordivician Borrowdale volcanic group, English Lake District». *Geological Magazine* **131** (3): 395-406. (abstract)

[39] MacNaughton, Robert B.; Jennifer M. Cole, Robert W. Dalrymple, Simon J. Braddy, Derek E. G. Briggs, & Terrence D. Lukie (2002). «First steps on land: Arthropod trackways in Cambrian-Ordovician eolian sandstone, southeastern Ontario, Canada». *Geology* **30** (5): 391-394. doi <0391:FSOLAT>2.0.CO;2 10.1130/0091-7613(2002)030<0391:FSOLAT>2.0.CO;2. (abstract)

[40] «The Mass Extinctions: The Late Ordovician Extinction». BBC. Archivado desde el original el 11 de octubre de 1999. Consultado el 22 de mayo de 2006.

[41] Clack, Jennifer A. (Diciembre de 2005). «Getting a Leg Up on Land». *Scientific American*.

[42] «The Mass Extinctions: The Late Devonian Extinction». BBC. Archivado desde el original el 9 de octubre de 1999. Consultado el 4 de abril de 2006.

[43] Willis, K. J.; J. C. McElwain (2002). *The Evolution of Plants*. Oxford: Oxford University Press. p. 93. ISBN 0-19-850065-3.

[44] «Plant Evolution». Universidad de Waikato. Consultado el 7 de abril de 2006.

[45] Dawkins, Richard (2004). «Amphibians». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 293-296. ISBN 0-618-00583-8.

[46] Dawkins, Richard (2004). «Sauropsids». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 254-256. ISBN 0-618-00583-8.

[47] «The Day the Earth Nearly Died». *Horizon*. BBC. 2002. Consultado el 9 de abril de 2006.

[48] «Big crater seen beneath ice sheet». . BBC News. 3 de junio de 2006. Consultado el 15 de noviembre de 2006.

[49] "New Blood". Escritores. BBC. *Walking with Dinosaurs*. 1999. (description)

[50] «The Mass Extinctions: The Late Triassic Extinction». BBC. Archivado desde el original el 14 de octubre de 1999. Consultado el 9 de abril de 2006.

[51] Dawkins, Richard (2004). «The Great Cretaceous Catastrophe». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. p. 169. ISBN 0-618-00583-8.

[52] «*Archaeopteryx*: An Early Bird». Universidad de California, Berkeley Museo de paleontología. 1996. Consultado el 9 de abril de 2006.

[53] Soltis, Pam; Doug Soltis, & Christine Edwards (2005). «Angiosperms». *The Tree of Life Project*. Consultado el 9 de abril de 2006.

[54] "Death of a Dynasty". Escritores. BBC. *Walking with Dinosaurs*. 1999. (description)

[55] Chaisson, Eric J. (2005). «Recent Fossils». *Cosmic Evolution*. Universidad Tufts. Archivado desde el original el 28 de noviembre de 2015. Consultado el 9 de abril de 2006.

[56] Dawkins, Richard (2004). «Lemurs, Bushbabies and their Kin». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. p. 160. ISBN 0-618-00583-8.

[57] "Whale Killer". Escritores. BBC. *Walking with Beasts*. 2001.

[58] Dawkins, Richard (2004). «Chimpanzees». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 100-101. ISBN 0-618-00583-8.

[59] Dawkins, Richard (2004). «Ape-Men». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 95-99. ISBN 0-618-00583-8.

[60] Fortey, Richard (Septiembre de 1999) [1997]. «Humanity». *Life: A Natural History of the First Four Billion Years of Life on Earth*. New York: Vintage Books. p. 38. ISBN 0-375-70261-X.

[61] Goren-Inbar, Naama; Nira Alperson, Mordechai E. Kislev, Orit Simchoni, Yoel Melamed, Adi Ben-Nun, & Ella Werker (30 de abril de 2004). «Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya`aqov, Israel». *Science* **304** (5671): 725-727. doi 10.1126/science.1095443. Consultado el 11 de abril de 2006. (abstract)

[62] Dawkins, Richard (2004). «Ergasts». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. p. 67. ISBN 0-618-00583-8.

[63] Dawkins, Richard (2004). «Ergasts». *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. Boston: Houghton Mifflin Company. pp. 67-71. ISBN 0-618-00583-8.

[64] McNeill, Willam H. (1999) [1967]. «In The Beginning». *A World History* (4th ed. edición). New York: Oxford University Press. p. 7. ISBN 0-19-511615-1.

[65] Gibbons, Ann (13 de junio de 2003). «Oldest Members of *Homo sapiens* Discovered in Africa». *Science* **300** (5626): 1641. doi 10.1126/science.300.5626.1641. Consultado el 11 de abril de 2006. (abstract)

[66] Hopfe, Lewis M. (1987) [1976]. «Characteristics of Basic Religions». *Religions of the World* (4th ed. edición). New York: MacMillan Publishing Company. p. 17. ISBN 0-02-356930-1.

[67] Hopfe, Lewis M. (1987) [1976]. «Characteristics of Basic Religions». *Religions of the World* (4th ed. edición). New York: MacMillan Publishing Company. pp. 17-19. ISBN 0-02-356930-1.

[68] «Chauvet Cave». Metropolitan Museum of Art. Consultado el 11 de abril de 2006.

[69] Patrick K. O'Brien, ed., ed. (2003) [2002]. «The Human Revolution». *Atlas of World History* (concise edition edición). New York: Oxford University Press. p. 16. ISBN 0-19-521921-X.

[70] McNeill, Willam H. (1999) [1967]. «In The Beginning». *A World History* (4th ed. edición). New York: Oxford University Press. p. 8. ISBN 0-19-511615-1.

[71] Dawkins, Richard (1989) [1976]. «Memes: the new replicators». *The Selfish Gene* (2nd ed. edición). Oxford: Oxford University Press. pp. 189-201. ISBN 0-19-286092-5.

[72] Tudge, Colin (1998). *Neanderthals, Bandits and Farmers: How Agriculture Really Began*. London: Weidenfeld & Nicolson. ISBN 0-297-84258-7.

[73] Diamond, Jared. *Guns, Germs, and Steel*. W. W. Norton & Company. ISBN 0-393-31755-2.

[74] McNeill, Willam H. (1999) [1967]. «In The Beginning». *A World History* (4th ed. edición). New York: Oxford University Press. p. 15. ISBN 0-19-511615-1.

[75] «History of Hinduism». BBC. Archivado desde el original el 9 de febrero de 2006. Consultado el 27 de marzo de 2006.

[76] McNeill, Willam H. (1999) [1967]. «Emergence and Definition of the Major Old World Civilizations to 500 B.C. (introduction)». *A World History* (4th ed. edición). New York: Oxford University Press. pp. 3-6. ISBN 0-19-511615-1.

[77] McNeill, Willam H. (1999) [1967]. «Europe's Self-Transformation: 1500–1648». *A World History* (4th ed. edición). New York: Oxford University Press. pp. 317-319. ISBN 0-19-511615-1.

[78] McNeill, Willam H. (1999) [1967]. «The Dominance of the West (introduction)». *A World History* (4th ed. edición). New York: Oxford University Press. pp. 295-299. ISBN 0-19-511615-1.

[79] «Human Spaceflight and Exploration — European Participating States». ESA. 2006. Consultado el 27 de marzo de 2006.

[80] «Expedition 13: Science, Assembly Prep on Tap for Crew». NASA. 11 de enero, 2006. Consultado el 27 de marzo de 2006.

8.15 Enlaces externos

- Richard A. Fortey, «A la medida», *Revista de Libros*, 147, marzo de 2009.
- Página de la BBC donde se muestra la historia de la Tierra resumida

Capítulo 9

Ciencias de la Tierra

Las **ciencias de la Tierra** o **geociencias** son las disciplinas de las ciencias naturales que estudian la estructura, morfología, evolución y dinámica del planeta Tierra. Su precedente más importante está formado por las Ciencias Naturales. Su principal exponente es la geología. Forman también parte de las ciencias planetarias, las cuales se ocupan del estudio de los planetas del Sistema Solar.

9.1 Particularidades respecto a otras ciencias

Las ciencias de la Tierra abarcan el estudio temporal y espacial del planeta desde un punto de vista físico, incluyendo su interacción con los seres vivos. Las variadas escalas espacio-temporales de la estructura y la historia de la Tierra hacen que los procesos que en ella tienen lugar sean resultado de una compleja interacción entre procesos de distintas escalas espaciales (desde el milímetro hasta los miles de kilómetros) y escalas temporales que abarcan desde las centésimas de segundo hasta los miles de millones de años. Un ejemplo de esta complejidad es el distinto comportamiento mecánico que algunas rocas tienen en función de los procesos que se estudien: mientras las rocas que componen el manto superior responden elásticamente al paso de las ondas sísmicas (con periodos típicos de fracciones de segundo), responden como un fluido en las escalas de tiempo de la tectónica de placas. Otro ejemplo del amplio abanico de escalas temporales es el cambio climático, que se produce en periodos de entre millones de años a unos pocos años, donde se confunde con las escalas propias del cambio meteorológico.

Como el objeto de estudio (la Tierra) no es manipulable y la obtención de datos directos es limitada, las técnicas de simulación análoga o computacional son de mucha utilidad.

9.2 Relevancia

Las ciencias de la Tierra constituyen una herramienta para planificar una explotación racional de los recursos naturales, comprender las causas que originan los fenómenos naturales que afectan al ser humano y cómo el ser humano influye en la naturaleza con sus acciones.

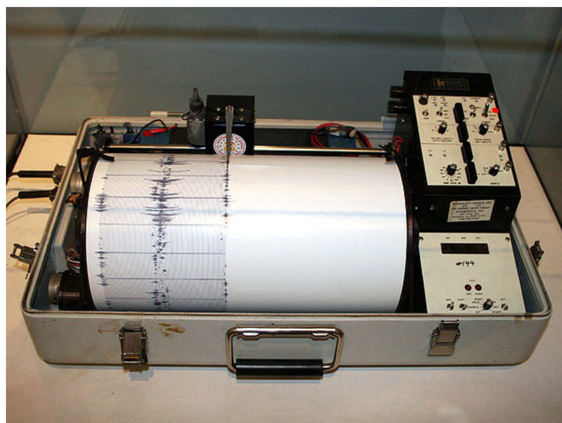
Por otro lado, las ciencias de la Tierra nos permiten entender los procesos naturales que han favorecido y/o amenazado la vida del hombre, y su estudio está ligado tanto al estudio de los flujos de energía en la naturaleza y al aprovechamiento de los mismos, como a la prevención de riesgos medioambientales, sísmicos, meteorológicos y volcánicos, entre otros.

9.3 Historia

Las ciencias de la Tierra se encuentran en constante evolución. La geografía de Plinio el Viejo solo describía los elementos de la superficie de la Tierra sin ligarlos a través de procesos, y se daba poca importancia a la dinámica de cambios y la interacción con los elementos que componen el medio ambiente. Durante los primeros siglos de exploración europea[1] se inició una etapa de conocimiento mucho más detallado de los continentes y océanos. Se cartografiaron en detalle, por ejemplo, las alineaciones magnéticas en el océano Atlántico, que serían de gran utilidad para la navegación intercontinental. En 1596, por ejemplo, Abraham Ortelius vislumbra ya la hipótesis de la deriva continental, precursora de la teoría de la tectónica de placas. Antes, los exploradores españoles y portugueses, habían acumulado un detallado conocimiento del campo magnético terrestre. El nacimiento de los conceptos básicos de la geología (gradualismo, superposición, etc), en el siglo XVII y XVIII (p.e., James Hutton) o la meteorología, dio paso a una eclosión en el estudio de la Tierra. Hoy, las ciencias de la Tierra son una extensión más de las ciencias físicas cuantitativas basadas en el empirismo, la experimentación y la reproducibilidad de las observaciones.

9.4 Disciplinas

- Estudio de la Tierra sólida:
    - **Geofísica**, estudio del planeta desde el punto de vista de la física. Se analizan y modelan los



Sismógrafo, aparato que registra la intensidad de las ondas sísmicas y la distancia desde el lugar donde se produce el sismo (epicentro).

fenómenos y anomalías geológicas, con el fin de lograr una descripción matemática y geométrica de las mismas.

- **Geomorfología**, estudia las formas de la superficie terrestre, relacionadas con las estructuras y litología del subsuelo y los procesos erosivos que moldean las superficie.
- **Geografía**, estudia la relación e interacción de la superficie terrestre con el hombre.
- **Geoquímica**, estudia la abundancia absoluta y relativa, distribución y migración de los elementos que conforman la Tierra.
- **Paleontología**, estudia los fósiles de plantas y animales, la evolución del vida en nuestro planeta y la utilidad geocronológica referente a las sucesiones faunísticas encontradas en las rocas.
- **Ciencia del suelo**, estudia el suelo como recurso natural.
- **Geodesia**, estudia la tierra teniendo en cuenta su curvatura.

- **Climatología**, estudio del clima terrestre actual y en el pasado geológico.
- **Hidrología**, estudia la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre.
- **Meteorología**, estudio de la dinámica atmosférica y el tiempo meteorológico.
- **Oceanografía** u **oceanología**, estudia la dinámica oceánica como las mareas, el oleaje y las corrientes. Estudia la vida y el suelo oceánico con el fin de una comprensión completa de la formación y evolución del planeta tierra (estudio de fosas, dorsales, islas y cordilleras sumergidas).

9.5 Véase también

- Ciencias ambientales
- Geología histórica
- Ingeniería del petróleo
- Termodinámica
- Portal:Ciencias de la Tierra. Contenido relacionado con **Ciencias de la Tierra**.

9.6 Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Ciencias de la Tierra**. Commons
- Instituto de Ciencias de la Tierra
- Nature Geoscience

9.7 Referencias

[1] Alvarez, W. y Leitao, H. (2010). «The neglected early history of geology: The Copernican Revolution as a major advance in understanding the Earth». *Geology*, **38**(3): 231-234

Capítulo 10

Anexo:Definiciones usuales en geología

Se agrupan aquí algunas definiciones usuales en geología, con la intención de facilitar la lectura de algunos artículos relacionados con este tema.

10.1 Abanico

Es una geoforma de acumulación fluvial o glaciar, se desarrolla en áreas donde los ríos que emergen de regiones montañosas, desembocan en regiones de relieve plano y a consecuencia de ello se produce una disminución de la gradiente y por lo tanto de la velocidad del río, que se traduce en la pérdida de su poder de transporte, depositando en forma parcial la carga por el transportada, en el punto donde río pasa de la región de montaña a la de relieve plano.

10.2 Arco morrénico

También llamado morrenas laterales, colinas, lomadas elongadas, constituidos por depósitos de till, la dimensión que adopta estas formas varían de acuerdo a avance glaciar.

10.3 Bajada

Geoforma de acumulación se forma cuando varios abanicos aluviales adyacentes ubicados a lo largo de un frente de montaña que empieza a extenderse lateralmente, debido al continuo desplazamiento lateral de los ríos y deposición de su carga, llegan a unirse hasta desarrollar una superficie uniforme y plana, llamada Bajada.

10.4 Cenozoico

La **Era Cenozoica**, **Cenozoico** o **Era Terciaria**, una división de la escala temporal geológica, es la era geológica que se inició hace 65,5 ±0,3 millones de años y que se extiende hasta la actualidad.[1][2] Es la tercera y última era del Eón Fanerozoico y sigue a la Era Mesozoica. Su nombre procede del idioma griego y significa “animales nuevos” (de καινός/kainos, “nuevo” y ζωή/zoe, “animal o vida”). El Período Terciario, actualmente no reconocido por la Comisión Internacional de Estratigrafía, comprendía la Era Cenozoica excepto los últimos 2.5 millones de años, cuando se inicia el Período Cuaternario.[3]

10.5 Coluvio

Son geoformas de acumulación producidos por la gravedad, estos depósitos son muy recientes constituidos de material heterogéneo de edad holoceno. Disectado. Cortado o erosionado verticalmente por el agua, esto en épocas de lluvia transportando material de manera turbulento.

10.6 Delta

Es una geoforma de acumulación, se forma cuando los ríos desembocan en un cuerpo de agua estancada o lagos, la carga transportada por el río es depositada en el cuerpo de agua que bajo ciertas condiciones que da lugar a la formación de deltas.

10.7 Depósitos glaciares

Se hallan constituidos por material heterogéneo desde arcillas a bloques de 30 centímetros, depositado directamente por el hielo denominado till.

10.8 Depósitos fluvioglaciares

Son depósitos glaciares tomados y transportados por los ríos que fluyen por el cuerpo de glaciar ya sea en forma superficial o subterránea, luego de recorrer área glaciada y disectar morrenas terminales, empieza a depositar su carga. Finalmente formado depósitos que ha sido denominado geoformas fluvioglaciares.

10.9 Eón

En geología, un eón se refiere a cada una de las divisiones mayores de tiempo de la historia de la Tierra usadas en la escala temporal geológica.

10.10 Evaporitas

Las evaporitas son rocas sedimentarias que se forman por cristalización de sales disueltas en lagos y mares costeros. La mayoría de los depósitos explotables de yeso y sal común se han originado de esta manera.
La cristalización requiere la sobresaturación del agua salada por las sales que contiene. El proceso es favorecido por condiciones climáticas, como una evaporación intensa, y estorbado por cualquier causa que aumente la dilución, como el aporte de agua dulce por los ríos o las precipitaciones, o la mezcla sin estorbos con el océano, cuya salinidad está muy por debajo de lo necesario. Las circunstancias anteriores se dan sobre todo en climas áridos, en latitudes tropicales que forman dos franjas a cada lado del ecuador; pero rocas evaporitas antiguas aparecen en todas las regiones de los continentes, formadas en épocas en las que el clima era allí favorable. Se requieren también condiciones topográficas específicas, que se presentan en forma de cuencas endorreicas y mares costeros casi cerrados.[4]

10.11 Falla

Es una superficie o zona a través de la cual se desarrolla un deslizamiento medible. En un sentido más restringido, las fallas son fracturas sobre las cuales se desarrollan deslizamiento primario por procesos de deformación frágil.

10.12 Falla normal siniestra

Es un tipo de falla normal. Se denomina así por presentar una fractura con desplazamiento medible, un bloque desciende lateralmente con respecto al otro.

10.13 Formación Uncía

Es una unidad litológica que corresponde al sistema Silúrico (443-416Ma) constituido generalmente por lutitas gris oscuros de ambiente marino profundo, infrayacen a la formación Catavi (Altiplano boliviano).

10.14 Flujo de detritos

Es un tipo de flujo rápido o saturado no plástico. Por lo tanto incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos.

10.15 Flujo de till

Tipo de movimiento de material depositado por el glaciar.

10.16 Morrena lateral

Son depósitos glaciares que se hallan ubicados entre las paredes del valle y el cuerpo glaciar, presenta formas de colinas o lomadas elongadas, culminan en crestas hasta crestas afiladas.

10.17 Morrena de fondo

Corresponde a la clasificación basada en su modo de formación. Las morrenas de fondo son depositadas en forma subglacial y acumulada de diferentes maneras a lo largo del piso de valle por donde fluye el glaciar.

10.18 Morrena terminal

Es una geoforma debida a procesos de acumulación glaciar, se hallan ubicados en la parte terminal de la lengua del glaciar y marcan etapas de avance o retroceso de los glaciares.

10.19 Llanura aluvial

Es una geoforma de acumulación fluvial, morfológicamente es una superficie relativamente plana, ubicada en ambas márgenes del curso de un río troncal, la cual es inundada en periodos de crecida o avenidas del río. Su formación depende de las condiciones periódicas de inundación, de las variaciones de los máximos y mínimos de turbulencia.

10.20 Terraza

Son geoformas destruccionales más importantes debidas a la acción erosiva de los ríos. Se denomina así, porque la erosión fluvial ha actuado sobre la llanura aluvial, después que ella ha alcanzado espesores considerables de sedimentos depositados durante un periodo en que trans-

portaba carga excesiva, que por lo general se hallan constituidas por gravas arenas limos arcillas. Luego de la acumulación de dicha carga en la llanura aluvial se produce la profundización por la acción erosiva del río, debido a las causas señaladas en párrafos anteriores, desarrollando una terraza.

10.21 Terrazas acíclicas

También llamados terrazas impares muestran el desarrollo de terrazas en las márgenes de un río, pero a niveles diferentes.

10.22 Terraza cíclica

También denominado terrazas pares, se caracterizan por el desarrollo de terrazas ubicadas en ambas márgenes del río y a la misma elevación sobre el nivel del río.

10.23 Techo Altiplánico

Se denomina así porque estratigráficamente es el tope del altiplano, todas las secuencias estratigráficas infrayacen a los depósitos cuaternarios del altiplano

10.24 Till

Cuerpo de roca formado a partir de derrubios glaciares y originados por fenómenos asociados o derivados del flujo del hielo.

10.25 Plio Cuaternario

Se denomina así al límite de neógeno superior (plioceno) y cuaternario, que es el periodo geológico que abarca los últimos 2.7 millones de años de la historia de la tierra de acuerdo a (IUGS), es también un sistema geológico. Está formado por dos épocas, el holoceno y el pleistoceno

10.26 Valle glaciar

Valles en forma de U y con depósitos de till y formas de morrenas, resultantes de la acción erosiva del glaciar y de grandes dimensiones

10.27 Valle en valle

Geoformas de erosión fluvial o glaciar en la cual un valle está formado en otro valle más antiguo.

10.28 Referencias

[1] Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy, Status on 2009.

[2] International Stratigraphic Chart, 2008.

[3] Tertiary Informal Sub-era. Based On: Gradstein, Ogg, Smith, _A Geologic Time Scale 2004_ Era Terciaria

[4] Programa de Infraestructura del Circuito Turístico Salar de Uyuni. Informe Hidrogeológico. La Paz. 2013.

10.29 Origen del texto y las imágenes, colaboradores y licencias

10.29.1 Texto

- **Geología** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Geolog%C3%ADa?oldid=99274119 *Colaboradores:* Andre Engels, Maveric149, Moriel, Pabloes, Donner, Robbot, Alberto Salguero, Sanbec, Dionisio, Dodo, Gmaselli, Tano4595, Guatu, Jsanchezes, Wricardoh, Dianai, Benjavalero, FAR, Carnendil, Skiel85, Hunmanu, Airunp, Aeveraal, Taichi, Emijrp, Rembiapo pohyiete (bot), RobotQuistnix, Yrbot, Amadís, BOT-Superzerocool, Icvav, Deivid, Gaijin, Gothmog, Txo, Banfield, Basquetteur, Bcoto, Maldoror, Tomatejc, Reguera, Alfredobi, BOT-policia, Chocid, CEM-bot, Laura Fiorucci, Camilo sanz, JMCC1, Durero, Eamezaga, Antur, Jjafjjaf, Montgomery, Ggenellina, Thijs!bot, Srengel, P.o.l.o., Roberto Fiadone, Escarbot, Zupez zeta, Max Changmin, Zigurat, Cratón, Jurgens~eswiki, JAnDbot, Thormaster, Maratial, Nitspy, BetBot~eswiki, Gsrdzl, CommonsDelinker, TXiKiBoT, Iosqar, Gaianauta, Humberto, Netito777, Idioma-bot, Pólux, BL, Gerwoman, Xvazquez, Dhidalgo, Zeroth, AlnoktaBOT, VolkovBot, Urdangaray, Technopat, Queninosta, Erfil, Uridiego, Libertad y Saber, Matdrodes, Synthebot, Lucien leGrey, AlleborgoBot, Muro Bot, Feministo, SieBot, Alexelmaestro, Ctrl Z, Drinibot, Bigsus-bot, BOTarate, Maria cristina1986, Byrialbot, STBot~eswiki, Mel 23, Manwë, BuenaGente, Fede Threepwood, PipepBot, Copydays, Kekin, Antón Francho, Nicop, DragonBot, Diazleonardo, Eduardosalg, Danidvt, Leonpolanco, ElMeBot, Poco a poco, YourEyesOnly, GeoMauri, Vicovision, BodhisattvaBot, Açipni-Lovrij, PePeEfe, Palcianeda, Kadellar, SilvonenBot, Camilo, UA31, Shalbat, Ojane, Armando-Martin, Shunere, AVBOT, Obijuanquenobi, David0811, Krapulax, Ialad, Diegusjaimes, MelancholieBot, CarsracBot, Spirit-Black-Wikipedista, Ciberprofe, Nallimbot, NACLE, Ptbotgourou, Dichoc, AlexFBP, Marcomogollon, Nixón, ArthurBot, RadiX, SuperBraulio13, Almabot, Xqbot, Jkbw, Ricardogpn, Santipanda, Botarel, BenzolBot, Chubaka~eswiki, BOTirithel, TiriBOT, Wondrix, Mcnmf53, TobeBot, Halfdrag, RedBot, Confutatis, PatruBOT, Humbefa, Tarawa1943, Nachosan, Foundling, Wikiléptico, Pasionyanhelo, Jostin stik, Edslov, EmausBot, Savh, AVIADOR, Grillitus, JackieBot, Rubpe19, MercurioMT, ChuispastonBot, Danielcom24, Waka Waka, WikitanvirBot, Diamondland, Albermd, Movses-bot, Hector51, Lcsrns, MerlIwBot, JABO, KLBot2, Nanu-ramos, Vagobot, Travelour, Ginés90, REnattOls, HiW-Bot, DARIO SEVERI, Alberto5000, -seb-, LlamaAl, Elvisor, Asqueladd, Santga, Helmy oved, Laurabuitrago12, Armonizador, Godues, Legobot, Lautaro 97, Balles2601, Panda Girl, Roger de Lauria, Adrianita XD, Roman.silvac, Sergio cons, Diana.romom, Jesus.palafoxd1, Irlanda.martinezm, Jose.noriegal3, Fatima Cepeda, Carmen.linm, Francisco.gutierrezr, Jcol1498, Zarethitha03, Das MiMaMi, Jarould, Elreysintrono, BenjaBot, 4lextintor, Grup 8 FTEL UOC, Santyphernandez, Lectorina, KamuiZero, Malejomb, David Alejandro Segura, YO123456, Jumyard, JavCabgon, Gonzalo Duque-Escobar, F.Bastida, Grafofilo y Anónimos: 439
- **Tiempo geológico** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Tiempo_geol%C3%B3gico?oldid=98691517 *Colaboradores:* Tano4595, Geom, Digigalos, Petronas, BOT-Superzerocool, Kasiber, CEM-bot, Nestoramirezerpa, Gaianauta, Netito777, Xvazquez, Urdangaray, Muro Bot, Mel 23, Furado, Copydays, Kintaro, PePeEfe, UA31, AVBOT, Diegusjaimes, Arjuno3, Jkbw, Botarel, Wikielwikingo, PatruBOT, Jorge c2010, Sergio Andres Segovia, Antonorsi, Dragogo12, Mr.Jx, Elvisor, Balles2601, BallenaBlanca, Panda Girl, Jarould, David Condrey, Lectorina, Ks-M9, Xander7777777, Gabriel 659 y Anónimos: 52
- **Geología histórica** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Geolog%C3%ADa_hist%C3%B3rica?oldid=99090375 *Colaboradores:* Maveric149, Srtxg, Moriel, JorgeGG, Aparejador, Bigsus, 1297, Interwiki, Ascánder, Sms, Tano4595, Jsanchezes, Robotito, Tropezante, Xenoforme, Geom, FAR, Boticario, Peejayem, Petronas, RobotJcb, LP, Wikiseldon, Magister Mathematicae, RobotQuistnix, Platonides, Chobot, Hossmann, Yrbot, BOT-Superzerocool, Phelan~eswiki, Maleiva, Vitamine, James Hudson, Mortadelo2005, Wiki-Bot, KnightRider, Patrickpedia, Kabri, Txo, Banfield, Maldoror, Jarke, Lygeum, Jorgechp, Mxtintin, Hhmb, Dropzink, Locutus Borg, Cerato, BOTpolicia, CEM-bot, 333, Felix 780, Jjvaca, Baiji, Rastrojo, Rosarinagazo, Jjafjjaf, Dorieo, Montgomery, FrancoGG, Thijs!bot, Veltresnas, Escarbot, Yeza, RoyFocker, Mario modesto, Ninovolador, Isha, JAnDbot, Estoymuybueno, Kved, Gaius iulius caesar, Hidoy kukyo, Zerocartoo, Gaianauta, Maury0110, Humberto, Netito777, Idioma-bot, Pólux, BL, Xvazquez, DonBarredora, VolkovBot, Urdangaray, Djfarlo2002, Technopat, C'est moi, Galandil, Queninosta, Erfil, Matdrodes, Synthebot, Juancharlie, Lucien leGrey, Tatvs, Vatelys, Neuroptera, Muro Bot, Fran4004, SieBot, Ctrl Z, PaintBot, Cobalttempest, Drinibot, Bigsus-bot, BOTarate, Chayo28, Ugly, Greek, Aleposta, Tirithel, Jarisleif, Neopirata, Franciscosp2, HUB, Antón Francho, Quijav, PixelBot, Makete, Eduardosalg, Petruss, Poco a poco, Alexbot, Tlaoakaiser, Alfonso Márquez, BodhisattvaBot, PePeEfe, Nix92, Camilo, UA31, Krysthyan, AVBOT, David0811, Angel GN, MarcoAurelio, Quimica+tierra, Diegusjaimes, Arjuno3, Saloca, Luckas-bot, Pilman123, Nallimbot, Sir48, FariBOT, Dangelin5, Jorge 2701, Masterandol, Nixón, Danny13~eswiki, SuperBraulio13, Manuelt15, Xqbot, Bagratun, Quatus, Igna, Torrente, Botarel, BOTirithel, Alfre204, Hprmedina, Halfdrag, Ivan28131, PatruBOT, Fran89, Rigox, Shantilon, Foundling, Afrasiab, EmausBot, Allforrous, JA Galán Baho, TuHan-Bot, Africanus, Victoria.candela, Emiduronte, ChuispastonBot, Waka Waka, XtrmoCH, Nicolas K-po de merlo, MerlIwBot, Geolobo, Thehelpfulbot, Aguxtinian08, Travelour, Invadibot, Elvisor, Legobot, Addbot, Roberto.molinao, Jorge.loaizaz, Jarould, David Condrey, Vítor, BenjaBot, Lectorina, EllegansEtFidelis, Semibot y Anónimos: 290
- **Escala temporal geológica** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_temporal_geol%C3%B3gica?oldid=98998956 *Colaboradores:* Bigsus, Sefer, Kokoo, BOT-Superzerocool, Gaijin, Kekkyojin, Banfield, CEM-bot, Mario modesto, Bernard, JAnDbot, Gaianauta, Pólux, Xvazquez, J35ux, Technopat, Erfil, Synthebot, DJ Nietzsche, Lucien leGrey, EdmenBot, Minuanoencapital, Mel 23, Pla y Grande Covián, Copydays, Franciscosp2, Antón Francho, Farisori, Makete, Eduardosalg, Portland, BetoCG, PePeEfe, UA31, Shalbat, Krysthyan, LucienBOT, Emmagatzematge de Saviesa, Diegusjaimes, Rainsong, SuperBraulio13, Jkbw, Fobos92, Ricardogpn, TiriBOT, Hprmedina, Halfdrag, AnselmiJuan, Njrwally, PatruBOT, Nachosan, Jorge c2010, Foundling, EmausBot, Guarddon, JackieBot, Rubpe19, MadriCR, Dr Doofenshmirtz, Metrónomo, JABO, Signatus canislupus, MetroBot, Invadibot, Kyuutukanao, Green Mostaza, Ximee LcO, Salvador85, Elvisor, Am92, Helmy oved, Juanileiva17, Lune bleue, Syum90, Viajero berlines, Addbot, Romulanus, Eimi rowine, Memocomba, Lourdes Sada, Jarould, Matiia, David Condrey, AlvaroMolina, BenjaBot, Dbayom, Lectorina, GünniX, Wiki4444uoc, Semibot y Anónimos: 88
- **Tectónica de placas** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Tect%C3%B3nica_de_placas?oldid=99222162 *Colaboradores:* Youssefsan, Hugoyo, Gonis, Joseaperez, Moriel, JorgeGG, Benceno, Aparejador, Circui7ry, Rosarino, Dodo, Ascánder, Sms, Cookie, Tano4595, Renacimiento, Murphy era un optimista, Cucho el roto, LadyInGrey, PeiT, Wricardoh, Xenoforme, Fergarci, Rondador, Geom, Folio, Fmariluis, Ecemaml, Desatonao, Elsenyor, Renabot, Petronas, Airunp, JMPerez, Taichi, Emijrp, LP, Magister Mathematicae, RedTony, Platonides, Chobot, Yrbot, Amadís, BOT-Superzerocool, Vitamine, .Sergio, Mortadelo2005, Icvav, Banfield, Götz, Maldoror, Er Komandante, Filipo, Alfredobi, Sigmanexus6, Futbolero, Fev, BOTpolicia, Guay, CEM-bot, Danrha, JMCC1, -jem-, Alexav8, L30nc1t0, Rod750, Salvador alc, Retama, Eli22, Baiji, Obertura, Rastrojo, Rosarinagazo, Antur, DonPilin, Dorieo, Alvaro qc, Srengel, Dentren, Escarbot, Yeza, Zupez zeta, RoyFocker, Mario modesto, Isha, Mpeinadopa, JAnDbot, Thormaster, VanKleinen, Kved, DerHexer, Mansoncc, Beta15, Gsrdzl, TXiKiBoT, Geoz, Gaianauta, Bot-Schafter, Humberto, Netito777, Pabloallo, Fixertool, Phirosiberia, Pólux, Xvazquez, Dhidalgo, Nicochory, Uruk, Bucephala, Lmcuadros, Jurock, Technopat, Galandil, Queninosta, Erfil, Matdrodes, DJ Nietzsche, BlackBeast, Lucien leGrey, Tatvs, AlleborgoBot, Muro Bot, J.M.Domingo, Peregring-lk, Feministo, PaintBot, Macarrones, MiguelAngelCaballero, Chrihern,

Drinibot, Bigsus-bot, BOTarate, Mel 23, Izmir2, Manwë, Greek, Chico512, MrDoc94, Tirithel, Javierito92, Ryoga Nica, El Megaloco, StarBOT, DragonBot, Gacelita, Quijav, Eduardosalg, Leonpolanco, Pan con queso, Pichu VI, Petruss, Rlinx, Poco a poco, GeoMauri, Explorador26, Açipni-Lovrij, Osado, PePeEfe, Camilo, UA31, Shalbat, Abajo estaba el pez, AVBOT, Elliniká, Caqui, David0811, MastiBot, Angel GN, MarcoAurelio, Diegusjaimes, DumZiBoT, MelancholieBot, Belifilmaker, Arjuno3, Naati 24, Andreasmperu, Luckas-bot, Icehunter~eswiki, Borboteo, Jotterbot, Dangelin5, Jorge 2701, Brunito-94, Draxtreme, Xhelazz, Nixón, DSisyphBot, Alonso de Mendoza, SuperBraulio13, Ortisa, Manuelt15, Xqbot, Jkbw, Rubinbot, Dreitmen, -Erick-, Ricardogpn, Botarel, Tranletuhan, Marcialmot, AstaBOTh15, Anonimujarr, Tegustamiculo, Hprmedina, TobeBot, Halfdrag, Vubo, Manuelferreria, Lungo, Teknad, Guzman m, Leugim1972, PatruBOT, KamikazeBot, ArwinJ, Tarawa1943, Nachosan, Jorge c2010, Foundling, GrouchoBot, Wikiléptico, Gauri, Edslov, EmausBot, Savh, AVIADOR, Ichox, ZéroBot, Sergio Andres Segovia, JackieBot, MercurioMT, Emiduronte, ChuispastonBot, Waka Waka, WikitanvirBot, Frigotoni, Daimond, Movses-bot, MerlIwBot, JABO, Fanci, TeleMania, UAwiki, Ginés90, MetroBot, Invadibot, Lolita Ilex, Pitufeta-2011, Elvisor, Creosota, Justincheng12345-bot, Helmy oved, Judith Bieber, 2rombos, Addbot, Melonmelolame, Nozomilol, Kat Hiferdal, Konsthanzab, Orjan, JacobRodrigues, Richar parker L, Daroca90, MarioFinale, Dylanx5785, Jarould, Matiia, Elreysintrono, Gabrigranca, Crystallizedcarbon, Wizard-Lizard, Comeladoblada, La xamanula, Patata everingl, Lectorina, Tunenitabnbellakaaapalflow, Ks-M9, Cotelani, Rssäl, ElegansEtFidelis, Fer159, Jweisson y Anónimos: 726

- **Edad geológica** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Edad_geol%C3%B3gica?oldid=98524602 *Colaboradores:* Petronas, BOT-Superzerocool, Copydays, Tlaoakaiser, PePeEfe, PatruBOT, AvicBot, Elvisor, Addbot, Jarould, BenjaBot, Xabiroi8a, MomijiRoBot y Anónimos: 1
- **Época geológica** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%89poca_geol%C3%B3gica?oldid=82884219 *Colaboradores:* Tano4595, BOT-Superzerocool, FlaBot, Varano, CEM-bot, Doreano, Nestoramirezerpa, Urdangaray, Muro Bot, SieBot, Antón Francho, DragonBot, PePeEfe, MastiBot, NjardarBot, Luckas-bot, Dalton2, Ptbotgourou, FariBOT, Yone Fernandes, Rubinbot, Botarel, Enrique Cordero, UNLP, Dinamik-bot, Alph Bot, AVIADOR, Mentibot, KLBot2, Helmy oved y Anónimos: 5
- **Historia de la Tierra** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_Tierra?oldid=99548990 *Colaboradores:* Oblongo, Robbot, Rosarino, Tano4595, Kordas, Soulreaper, Hispa, Taichi, RobotQuistnix, Yrbot, BOT-Superzerocool, Vitamine, The Photographer, Banfield, Basquetteur, Maldoror, Camima, Fev, CEM-bot, Jorgelrm, JMCC1, Retama, Jjafjjaf, Montgomery, Thijs!bot, Ty25, Srengel, P.o.l.o., Ninovolador, Jorge Izquierdo, Isha, Mpeinadopa, Pacoperez6, Mansoncc, Muro de Aguas, Gaius iulius caesar, Gsrdzl, Beaire1, CommonsDelinker, Mercenario97, Humberto, Netito777, Phirosiberia, Nioger, Reyr, Pólux, BL, Xvazquez, Sidrunas, Technopat, Matdrodes, DJ Nietzsche, Brandonemi, Muro Bot, Edmenb, BotMultichill, SieBot, Camr, PaintBot, Drinibot, Bigsus-bot, BOTarate, Mel 23, Pascow, Tirithel, Franciscosp2, HUB, MetsBot~eswiki, Rammegon, Quijav, Makete, Eduardosalg, Leonpolanco, Pichu VI, Petruss, Fidelbotquegua, Raulshc, Açipni-Lovrij, PePeEfe, UA31, Maulucioni, Krysthyan, AVBOT, LucienBOT, MarcoAurelio, Diegusjaimes, Arjuno3, Andreasmperu, Dalton2, Spirit-Black-Wikipedista, DiegoFb, Jmrebes, Medium69, SuperBraulio13, Juamax, Xqbot, Jkbw, Rodderer, Dreitmen, Nikelnay, BOTrychium, -Erick-, Igna, Botarel, Sergio Rodrgz. Labra, Zulucho, BOTirithel, TiriBOT, Halfdrag, Æneas, PatruBOT, Kernelpanic77, Olivares86, Tarawa1943, Nachosan, Jorge c2010, Axvolution, Edslov, EmausBot, CVNBot, Savh, AVIADOR, JA Galán Baho, Sergio Andres Segovia, Grillitus, Androx, Rubpe19, Cualquier persona, CocuBot, Bekerr, Kasirbot, XanaG, MerlIwBot, MegaVideoGT, KLBot2, Cacks, AvicBot, Travelour, MetroBot, Federicotg, Danielcasgir, DARIO SEVERI, Bambadee, Maquedasahag, Johnbot, Elvisor, Horacio Badano, David toloo, Creosota, George Miquilena, DLeandroc, Helmy oved, Makecat-bot, Rotlink, MaKiNeoH, Addbot, Balles2601, Julio.gn.5, Lourdes Sada, MrCharro, Jarould, Matiia, BenjaBot, 4lextintor, Jose Antonio Benito Sanchez, Daniodie99, Maxoossss2, Lectorina, NinoBot, Ks-M9, Ddominguez5, Rmcconnell58, Krassnine, MAP03, MomijiRoBot, Joan pro, VegettaGaymer YT, Pitotejajaja, Samy888, Nightmare0696 y Anónimos: 357
- **Ciencias de la Tierra** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Ciencias_de_la_Tierra?oldid=99286838 *Colaboradores:* Andre Engels, Maveric149, Oblongo, Moriel, Lunarov, ManuelGR, Robbot, Dodo, Xgarciaf, Tano4595, Bluemask, Geom, Cinabrium, Benjavalero, Renabot, LeonardoRob0t, Pati, RobotJcb, Taichi, Emijrp, Rembiapo pohyiete (bot), Magister Mathematicae, RobotQuistnix, YurikBot, KnightRider, Eskimbot, Alfredobi, Fev, CEM-bot, Spazer, Evaristor, Ggenellina, Thijs!bot, Escarbot, Isha, Mpeinadopa, Mansoncc, BetBot~eswiki, Muro de Aguas, TXiKiBoT, El Pitufo, Gaianauta, Rei-bot, Idioma-bot, Pólux, Aibot, VolkovBot, Technopat, Queninosta, Erfil, Matdrodes, Synthebot, AlleborgoBot, Muro Bot, Feministo, SieBot, Loveless, Ken123BOT, Petogo, Fede Threepwood, Copydays, Obisus, DragonBot, Makete, Eduardosalg, Alexbot, Açipni-Lovrij, PePeEfe, UA31, Polinizador, Krysthyan, AVBOT, Diegusjaimes, MelancholieBot, Luckas-bot, AlexFBP, ArthurBot, Xqbot, Jkbw, SassoBot, TiriBOT, BokimBot, TobeBot, AnselmiJuan, PatruBOT, Dinamik-bot, Ripchip Bot, GrouchoBot, Axvolution, EmausBot, AVIADOR, ZéroBot, HRoestBot, Wikiworm~eswiki, Meluuu, WikitanvirBot, Movses-bot, Carrousel, Abián, Javolord, MerlIwBot, JABO, Edc.Edc, Franco68, IreneyJordi, Harpagornis, Rauletemunoz, Legobot, Balles2601, Ana.durazod, Lagoset, Olakase451, Jarould, BenjaBot y Anónimos: 104
- **Anexo:Definiciones usuales en geología** *Fuente:* https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo%3ADefiniciones_usuales_en_geolog%C3%ADa?oldid=92725114 *Colaboradores:* Alfredobi, FrescoBot y Sergio Andres Segovia

10.29.2 Imágenes

- **Archivo:Alga_volvox.png** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/Alga_volvox.png *Licencia:* CC-BY-SA-3.0 *Colaboradores:* Wikipedia *Artista original:* ?
- **Archivo:Astronaut-EVA.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Astronaut-EVA.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://grin.hq.nasa.gov/ABSTRACTS/GPN-2000-001156.html *Artista original:* NASA
- **Archivo:Big_Slash.gif** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Big_Slash.gif *Licencia:* CC-BY-SA-3.0 *Colaboradores:* ? *Artista original:* ?
- **Archivo:Braun_ABW41_(schwarz).jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Braun_ABW41_%28schwarz%29.jpg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Phrontis
- **Archivo:Cell_membrane_drawing-es.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/Cell_membrane_drawing-es.svg *Licencia:* CC BY-SA 4.0 *Colaboradores:* NIST *Artista original:*
- This SVG image was created by **Medium69**.
- **Archivo:Clavo_dorado.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Clavo_dorado.svg *Licencia:* GFDL *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* PePeEfe

- **Archivo:Commons-logo.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Commons-logo.svg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* This version created by Pumbaa, using a proper partial circle and SVG geometry features. (Former versions used to be slightly warped.) *Artista original:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.
- **Archivo:Crepuscular1.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/Crepuscular1.jpg *Licencia:* CC-BY-SA-3.0 *Colaboradores:* ? *Artista original:* ?
- **Archivo:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/22/Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:*

  Leonardo Da Vinci - Photo from www.lucnix.be. 2007-09-08 (photograph). Photograpy:

  Artista original: Leonardo da Vinci
- **Archivo:Dna-split.png** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Dna-split.png *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* DOE Human Genome project *Artista original:* US Department of Energy
- **Archivo:Durdle_Door_Overview.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Durdle_Door_Overview.jpg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Saffron Blaze
- **Archivo:Earth_Clock_ENG.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Earth_Clock_ENG.svg *Licencia:* GFDL *Colaboradores:* self-made - derived from original raster image in German by Hannes Grobe *Artista original:* James.mcd.nz
- **Archivo:EstaingiaBilobata.png** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/EstaingiaBilobata.png *Licencia:* Attribution *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* PAR
- **Archivo:Extinction_Intensity_ESP.png** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Extinction_Intensity_ESP.png *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* No machine-readable source provided. Own work assumed (based on copyright claims). *Artista original:* No machine-readable author provided. Nachoseli assumed (based on copyright claims).
- **Archivo:Geologic_time_scale.gif** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Geologic_time_scale.gif *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://pubs.usgs.gov/gip/fossils/fig15.gif *Artista original:* United States Geological Survey
- **Archivo:Geological_Dike_Cross-Island_Trail_Alaska.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Geological_Dike_Cross-Island_Trail_Alaska.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* taken by Jonathan.s.kt *Artista original:* Jonathan.s.kt (ex user "Jarfingle")
- **Archivo:Geological_time_spiral.png** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Geological_time_spiral.png *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* Graham, Joseph, Newman, William, and Stacy, John, 2008, The geologic time spiral—A path to the past (ver. 1.1): U.S. Geological Survey General Information Product 58, poster, 1 sheet. Available online at http://pubs.usgs.gov/gip/2008/58/ *Artista original:* United States Geological Survey
- **Archivo:Geologists-tools_hg.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Geologists-tools_hg.jpg *Licencia:* CC BY 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Hannes Grobe, AWI
- **Archivo:Global_plate_motion_2008-04-17.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Global_plate_motion_2008-04-17.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/all/images/global.jpg *Artista original:* NASA
- **Archivo:Hematite-118702.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Hematite-118702.jpg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* http://www.mindat.org/photo-118702.html *Artista original:* Rob Lavinsky / iRocks.com
- **Archivo:Jordens_inre.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Jordens_inre.svg *Licencia:* CC-BY-SA-3.0 *Colaboradores:* File:Jordens inre.jpg *Artista original:* Original Mats Halldin Vectorization: Chabacano
- **Archivo:Kinemetrics_seismograph.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Kinemetrics_seismograph.jpg *Licencia:* CC-BY-SA-3.0 *Colaboradores:* ? *Artista original:* ?
- **Archivo:Kluft-photo-Carrizo-Plain-Nov-2007-Img_0327.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Kluft-photo-Carrizo-Plain-Nov-2007-Img_0327.jpg *Licencia:* GFDL *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Ikluft
- **Archivo:Lyell_Principles_frontispiece.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Lyell_Principles_frontispiece.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* Lyell, Ch. *Principles of Geology* (second American edition, 1857) *Artista original:* Charles Lyell
- **Archivo:Mid-ocean_ridge_topography.gif** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Mid-ocean_ridge_topography.gif *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://geomaps.wr.usgs.gov/parks/animate/index.html *Artista original:* USGS
- **Archivo:Oceanic-continental_convergence_Fig21oceancont_spanish.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/Oceanic-continental_convergence_Fig21oceancont_spanish.svg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* USGS *Artista original:* USGS
- **Archivo:PIA02405.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/PIA02405.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02405 *Artista original:* NASA/JPL
- **Archivo:Pangaea_continents_es.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Pangaea_continents_es.svg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* File:Pangaea continents.svg *Artista original:* User:Kieff
- **Archivo:Pecopteris_arborescens.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Pecopteris_arborescens.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Woudloper
- **Archivo:Placas_tectonicas_mayores.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Placas_tectonicas_mayores.svg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* http://pubs.usgs.gov/publications/text/slabs.html *Artista original:* USGS - *Versión en español Daroca90*
- **Archivo:Placas_tectónicas_con_límites_detallados_(formato_SVG).svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Placas_tect%C3%B3nicas_con_l%C3%ADmites_detallados_%28formato_SVG%29.svg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* Tectonic plates boundaries detailed-en.svg Eric Gaba (Sting - fr:Sting) *Artista original:* Eric Gaba (Sting) *(Versión en español Daroca90)*
- **Archivo:Protoplanetary_disk.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Protoplanetary_disk.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* ? *Artista original:* ?

- **Archivo:Quartz_Brésil.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Quartz_Br%C3%A9sil.jpg *Licencia:* CC BY-SA 4.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Didier Descouens
- **Archivo:Seismogram_at_Weston_Observatory.JPG** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Seismogram_at_Weston_Observatory.JPG *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Z22
- **Archivo:Spanish_Wikiquote.SVG** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Spanish_Wikiquote.SVG *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* derived from Wikiquote-logo.svg *Artista original:* James.mcd.nz
- **Archivo:Strate.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Strate.jpg *Licencia:* CC BY-SA 2.5 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Anne97432
- **Archivo:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://web.archive.org/web/20160112123725/http://grin.hq.nasa.gov/ABSTRACTS/GPN-2000-001138.html (image link); see also https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_329.html *Artista original:* NASA/Apollo 17 crew; taken by either Harrison Schmitt or Ron Evans
- **Archivo:Tree_of_Living_Organisms.PNG** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Tree_of_Living_Organisms.PNG *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Maulucioni y Doridí
- **Archivo:Tyrannosaurus_Rex_Holotype.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/Tyrannosaurus_Rex_Holotype.jpg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* ScottRobertAnselmo
- **Archivo:USA_June1997c_Grand-Canyon_Arizona.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/USA_June1997c_Grand-Canyon_Arizona.jpg *Licencia:* CC BY 3.0 *Colaboradores:* Trabajo propio *Artista original:* Amaltheus
- **Archivo:Wikinews-logo.svg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/Wikinews-logo.svg *Licencia:* CC BY-SA 3.0 *Colaboradores:* This is a cropped version of Image:Wikinews-logo-en.png. *Artista original:* Vectorized by Simon 01:05, 2 August 2006 (UTC) Updated by Time3000 17 April 2007 to use official Wikinews colours and appear correctly on dark backgrounds. Originally uploaded by Simon.
- **Archivo:World_geologic_provinces.jpg** *Fuente:* https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/World_geologic_provinces.jpg *Licencia:* Public domain *Colaboradores:* http://earthquake.usgs.gov/data/crust/maps.php *Artista original:* USGS

10.29.3 Licencia del contenido

Escala temporal geológica

De Wikipedia, la enciclopedia libre

La **escala temporal geológica**, **escala de tiempo geológico** o **tabla cronoestratigráfica internacional** es el marco de referencia para representar los eventos de la historia de la Tierra y de la vida ordenados cronológicamente. Establece divisiones y subdivisiones de las rocas según su edad relativa y del tiempo absoluto transcurrido desde la formación de la Tierra hasta la actualidad, en una doble dimensión: estratigráfica (superposición de rocas) y cronológica (transcurso del tiempo). Estas divisiones están basadas principalmente en los cambios faunísticos observables en el registro fósil y han podido ser datadas con cierta precisión por métodos radiométricos. La escala compila y unifica los resultados del trabajo sobre geología histórica realizado durante varios siglos por naturalistas, geólogos, paleontólogos y otros muchos especialistas. Desde 1974 la elaboración formal de la escala se realiza por la Comisión Internacional de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas y los cambios, tras algunos años de estudios y deliberaciones por subcomisiones específicas, han de ser ratificados en congresos mundiales.[1]

Índice

Criterios de elaboración

La escala está compuesta por la combinación de:

- Unidades cronoestratigráficas (piso, serie, sistema, eratema, eonotema), que responden a conjuntos de rocas, estratificados o no, formados durante un intervalo de tiempo determinado. Se basan en las variaciones de los registros fósil (bioestratigrafía) y estratigráfico (litoestratigrafía). Son las unidades con las que se han establecido las divisiones de la escala cronoestratigráfica estándar para el Fanerozoico (y el Ediacárico y el Criogénico del Precámbrico). Sirven de soporte material de referencia.
- Unidades geocronológicas (edad, época, periodo, era, eón), unidades de tiempo equivalentes una a una con las cronoestratigráficas. Son la referencia temporal relativa de la escala para el Fanerozoico.
- Unidades geocronométricas, definidas por edades absolutas (tiempo en millones de años). Son las unidades con las que se han establecido las divisiones de la escala para el Precámbrico (excepto el Ediacárico y el Criogénico).[1] [2] Las dataciones absolutas que se muestran en la escala para el Fanerozoico y el Ediacárico están en revisión, y las que no tienen estratotipo de límite inferior formalizado son aproximadas,[3] por lo que no pueden considerarse unidades geocronométricas.

Correspondencia entre unidades cronoestratigráficas y geocronológicas

Cronoestratigráficas (cuerpos de roca)	**Geocronológicas (tiempo)**
Eonotema	Eón
Eratema	Era
Sistema	Período
Serie	Época
Piso	Edad
Cronozona	Cron

La unidad básica de la escala es el piso (y su edad equivalente), definido normalmente por cambios detectados en el registro fósil y, ocasionalmente, apoyados por cambios paleomagnéticos (inversiones de polaridad del campo magnético terrestre), litológicos debidos a cambios climáticos, efectos tectónicos o subidas o bajadas del nivel del mar. Las unidades de rango superior reflejan los cambios más significativos en las faunas del pasado inferidos del registro fósil (Paleozoico o Mesozoico), características litológicas de la región donde se definieron (Carbonífero, Triásico o Cretácico) y más raramente aspectos paleoclimáticos (Criogénico). Muchos nombres se refieren al lugar donde se establecieron las sucesiones estratigráficas de referencia o se estudiaron inicialmente (Pérmico o Maastrichtiense).[4]

Para determinadas subdivisiones de la escala se usan «Inferior» y «Superior» si se hace referencia a unidades cronoestratigráficas (cuerpos de roca) o «Temprano» y «Tardío» si se hace referencia a unidades geocronológicas (tiempo). En ambos casos se añade delante el nombre de la unidad correspondiente de rango superior, como en Triásico Superior (serie) y Triásico Tardío (época).

Estandarización

Las unidades, divisones y dataciones que se presentan están basados en la *Tabla cronoestratigráfica internacional* (versión de 2016)[3] elaborada por la Comisión Internacional de Estratigrafía. Con el símbolo del «clavo de oro» (el *casi* oficializado «*golden spike*») se marcan aquellas unidades cuyo límite inferior está definido formalmente en una sección estratotipo y punto de límite global (GSSP, de sus siglas en inglés).[5] Para el Precámbrico las divisiones son estrictamente geocronométricas, definidas directamente por tiempo absoluto (en millones de años), excepto para el Ediacariense, para el que hay estratotipo de límite inferior y el Criogénico, que lo tiene pendiente de definir.

Los colores usados (formato RGB) son los estándares propuestos en 2006 por la Comisión del Mapa Geológico del Mundo.[6]

Hasta 2013, la *Tabla cronoestratigráfica internacional* se publicó únicamente en inglés. Desde entonces se publican traducciones oficiales a otros idiomas: chino, español (en dos versiones: de España y de América), portugués, noruego, lituano, vasco, catalán, francés y japonés.[3]

Doble nomenclatura formal en español

Tradicionalmente la mayoría de los nombres de los pisos o edades se terminan con el sufijo «-iense» en España y Venezuela y con el sufijo «-iano» en casi todos los países de América de habla castellana, ambas formas son sinónimas y perfectamente válidas. P. ej. Aptiense y Aptiano o Priaboniense y Priaboniano.[7]

La primera versión en español de la tabla oficial de la Comisión Internacional de Estratigrafía fue la de España, publicada en 2013,[8] pero en 2016 se publicó un borrador con la primera versión en español reflejando la tradición americana. Esta versión provisional para América fue elaborada por los servicios geológicos de Colombia, con aportaciones de diferentes instituciones y profesionales de México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. Sin embargo en Venezuela se sigue la versión de la nomenclatura española.[9]

En la tabla que sigue aparecen reflejadas las dos terminologías (las de la versión americana en letras cursivas para su correcta identificación). Cuando solo aparece un término es porque ambos sistemas de nomenclatura coinciden. Hay que tener en cuenta que la versión americana se basa en un borrador, lo que indica que no hay aún consenso unánime para todos los nombres de la escala.

Escala global estándar del tiempo geológico

Supereón	Eón Eonotema	Era Eratema	Período Sistema	Época Serie	Edad Piso	Eventos relevantes	Inicio, en millones de años
	Fanerozoico	Cenozoico[10]	Cuaternario [10]	Holoceno		Fin de la glaciación reciente y surgimiento de la civilización humana.	0,0117
				Pleistoceno	Superior / Tardío (Tarantiense *Tarantiano*)[11]	Florecimiento y posterior extinción de muchos grandes mamíferos (megafauna del Pleistoceno). Aparece *Homo habilis* y se desarrollan los humanos anatómicamente modernos. Da comienzo la reciente Edad de Hielo.	0,126
					Medio (Ioniense *Ioniano*)		0,781
					Calabriense *Calabriano*		1,80
					Gelasiense *Gelasiano*		2,58
			Neógeno	Plioceno	Piacenziense *Piacenziano*	Clima frío y seco. Aparecen los Australopithecina, varios géneros de los mamíferos existentes y los moluscos recientes. Se forma el istmo de Panamá, provocando el Gran Intercambio Americano	3,600
					Zancliense *Zancliano*		5,333
				Mioceno	Messiniense *Mesiniano*	Clima moderado; orogenia en el hemisferio norte. Desecación del Mediterráneo en el Mesiniense. Se hacen reconocibles las familias de los mamíferos y aves modernos. Los caballos y los mastodontes se diversifican. Primeros bosques de Laminariales; la hierba se hace ubicua. Aparecen los primeros simios.	7,246
					Tortoniense *Tortoniano*		11,63
					Serravalliense *Serravaliano*		13,82
					Langhiense *Langhiano*		15,97
					Burdigaliense *Burdigaliano*		20,44
					Aquitaniense *Aquitaniano*		23,03
			Paleógeno	Oligoceno	Chattiense *Chattiano*	Clima cálido; rápida evolución y diversificación de la fauna, especialmente mamíferos. Importante evolución y dispersión de modernos tipos de plantas con flor. Orogenia Alpina.	28,1
					Rupeliense *Rupeliano*		33,9

					Formación de la corriente Circumpolar Antártica y congelación de la Antártida.	
			Eoceno	Priaboniense *Priaboniano*	Extinción de final del Eoceno («Gran Ruptura» de Stehlin). Prosperan los mamíferos arcaicos (Creodonta, Condylarthra, Uintatheriidae, etc.) y continúan su desarrollo durante esta época. Aparición de varias familias "modernas" de mamíferos. Las ballenas primitivas se diversifican. Primeras hierbas. India colisiona con Asia. Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno. Disminución del dióxido de carbono. Aparecen capas de hielo en la Antártida.	37,8
				Bartoniense *Bartoniano*		41,2
				Luteciense *Lutetiano*		47,8
				Ypresiense *Ypresiano*		56,0
			Paleoceno	Thanetiense *Thanetiano*	Clima tropical. Aparecen las plantas modernas; los mamíferos se diversifican en varios linajes primitivos tras el evento de extinción del Cretácico-Paleógeno. Primeros mamíferos grandes (osos y pequeños hipopótamos).	59,2
				Selandiense *Selandiano*		61,6
				Daniense *Daniano*		66,0
	Mesozoico	Cretácico	Superior / Tardío	Maastrichtiense *Maastrichtiano*	Proliferan las plantas con flor (angiospermas) y nuevos tipos de insectos. Empiezan a aparecer peces teleósteos más modernos. Son comunes ammonites, belemnites, bivalvos rudistas, equinoides y esponjas. Varios tipos de dinosaurios (como tiranosáuridos, titanosáuridos, hadrosáuridos, y	72,1±0,2
				Campaniense *Campaniano*		83,6±0,2
				Santoniense *Santoniano*		86,3±0,5
				Coniaciense *Coniaciano*		89,8±0,3
				Turoniense *Turoniano*		93,9
				Cenomaniense *Cenomaniano*		100,5

			Inferior / Temprano	Albiense *Albiano*	ceratopsidos) evolucionaron en tierra, así como los cocodrilos modernos; mosasaurios y tiburones modernos aparecieron en el mar. Las aves primitivas remplazaron gradualmente a los pterosaurios. Aparecieron monotremas, marsupiales y mamíferos placentarios. Ruptura de Gondwana.	~113,0
				Aptiense *Aptiano*		~125,0
				Barremiense *Barremiano*		~129,4
				Hauteriviense *Hauteriviano*		~132,9
				Valanginiense *Valanginiano*		~139,8
				Berriasiense *Berriasiano*		~145,0
		Jurásico	Superior / Tardío	Titoniense *Titoniano*	Son comunes gimnospermas (especialmente coníferas, Bennettitales y cicadas) y helechos. Muchos tipos de dinosaurios, como saurópodos, carnosaurios, y estegosaurios. Los mamíferos son comunes pero pequeños. Primeras aves y lagartos. Ictiosaurios y plesiosaurios se diversifican. Bivalvos, ammonites y belemnites abundan. Los erizos de mar son muy comunes, junto con crinoides, estrellas de mar, esponjas, y braquiópodos terebratúlidos y rinconélidos. Ruptura de Pangea en Gondwana y Laurasia.	152,1±0,9
				Kimmeridgiense *Kimmeridgiano*		157,3±1,0
				Oxfordiense *Oxfordiano*		163,5±1,0
			Medio	Calloviense *Calloviano*		166,1±1,2
				Bathoniense *Bathoniano*		168,3±1,3
				Bajociense *Bajociano*		170,3±1,4
				Aaleniense *Aaleniano*		174,1±1,0
			Inferior / Temprano	Toarciense *Toarciano*		182,7±0,7
				Pliensbachiense *Pliensbachiano*		190,8±1,0
				Sinemuriense *Sinemuriano*		199,3±0,3
				Hettangiense *Hettangiano*		201,3±0,2
		Triásico	Superior / Tardío	Rhaetiense *Rhaetiano*	Los arcosaurios dominan en tierra como dinosaurios, en los océanos como ictiosaurios y notosaurios, y en el cielo como pterosaurios. Los cinodontos se hacen más pequeños y se asemejan cada vez más a un mamífero. Aparecen los	~208,5
				Noriense *Noriano*		~227
				Carniense *Carniano*		~237

					primeros mamíferos y el orden crocodilia. Plantas del género *Dricroidium* eran comunes en tierra. Muchos grandes anfibios acuáticos temnospóndilos. Ammonoideos ceratíticos extremadamente comunes. Aparecen los corales modernos y los peces óseos (teleósteos), así como muchos de los clados modernos de insectos.	
			Medio	Ladiniense *Ladiniano*		~242
				Anisiense *Anisiano*		247,2
			Inferior / Temprano	Olenekiense *Olenekiano*		251,2
				Induense *Induano*		251,902±0,024
	Paleozoico	Pérmico	Lopingiense *Lopingiano*	Changhsingiense *Changhsingiano*	Las tierras emergidas se unen formando el supercontinente Pangea, creando los Apalaches. Fin de la glaciación permo-carbonífera. Los reptiles sinápsidos (pelicosaurios y terápsidos) se hacen abundantes, siguen siendo comunes los parareptiles y anfibios temnospóndilos. Durante el Pérmico Medio, la flora del carbonífero es reemplazada por gimnospermas con estróbilos (las primeras plantas con semilla verdaderas) y los primeros musgos verdaderos. Evolucionan los escarabajos y las moscas. La vida marina florece en los arrecifes someros y cálidos; braquiópodos prodúctidos y espiriféridos, bivalvos, foraminíferos, y ammonoideos, todos muy abundantes. Extinción del pérmico-triásico hace 251 ma: se extingue el 95% de	254,14±0,07
				Wuchiapingiense *Wuchiapingiano*		259,1±0,5
			Guadalupiense *Guadalupiano*	Capitaniense *Capitaniano*		265,1±0,4
				Wordiense *Wordiano*		268,8±0,5
				Roadiense *Roadiano*		272,95±0,11
			Cisuraliense *Cisuraliano*	Kunguriense *Kunguriano*		283,5±0,6
				Artinskiense *Artinskiano*		290,1±0,26
				Sakmariense *Sakmariano*		295,0±0,18
				Asseliense *Asseliano*		298,9±0,15

						extingue el 95% de la vida en la Tierra, incluyendo todos los trilobites, graptolites y blastozoos.	
		Carbonífero[12]	Pensilvánico *Pennsylvaniano*	Superior/Tardío	Gzheliense *Gzheliano*	Los insectos alados se diversifican repentinamente, algunos (protodonatos y palaeodictiópteros) de gran talla. Los anfibios son abundantes y diversificados. Primeros reptiles y bosques (árbol de escamas, helechos, *Sigillaria*, colas de caballo gigantes, Cordaites, etc.). Nivel de oxígeno más elevado que nunca. En los mares abundan goniatites, braquiópodos, briozoos, bivalvos y corales. Los foraminíferos testados proliferan.	303,7±0,1
					Kasimoviense *Kasimoviano*		307,0 ±0,1
				Medio	Moscoviense *Moscoviano*		315,2±0,2
				Inferior/Temprano	Bashkiriense *Bashkiriano*		323,2±0,4
			Misisípico *Mississippiano*	Superior/Tardío	Serpukhoviense *Serpukhoviano*	Grandes árboles primitivos, primeros vertebrados terrestres, y escorpiones marinos anfibios viven en los estuarios costeros. Rhizodontos de aletas lobuladas son los grandes depredadores de agua dulce. En los océanos, los primeros tiburones son comunes y muy diversos; equinodermos (crinoides y blastozoos) abundantes. Corales, briozoos, goniatites y braquiópodos (prodúctidos, espiriféridos, etc.) muy comunes. En cambio, trilobites y nautiloideos declinan. Glaciación sobre el este de Gondwana.	330,9±0,2
				Medio	Viseense *Viseano*		346,7±0,4
				Inferior/Temprano	Tournaisiense *Tournaisiano*		358,9±0,4
		Devónico		Superior / Tardío	Fameniense *Famenniano*	Aparecen las primeras lycopodiáceas,	372,2±1,6

				Frasniense *Frasniano*	colas de caballo y helechos, así como las primeras plantas con semilla (progimnospermas), primeros árboles (la progimnosperma *Archaeopteris*), y primeros insectos (sin alas). Braquiópodos estrofoménidos y atrypidos, corales rugosos y tabulados, y crinoides son muy abundantes en los océanos. Ammonoideos goniatíticos alcanzan su máximo, surgen los coleoideos con forma de calamar. Declinan los trilobites y los agnatos acorazados, comienza el reinado de los peces mandibulados (placodermos, de aletas lobuladas y osteictios, primeros tiburones). Los primeros anfibios son aún acuáticos. Se forma Euramérica (continente de las Areniscas Rojas Antiguas).	382,7±1,6
			Medio	Givetiense *Givetiano*		387,7±0,8
				Eifeliense *Eifeliano*		393,3±1,2
			Inferior / Temprano	Emsiense *Emsiano*		407,6±2,6
				Pragiense *Pragiano*		410,8±2,8
				Lochkoviense *Lochkoviano*		419,2±3,2
		Silúrico	Prídoli *Pridoliano*		Primeras plantas vasculares (Rhyniophyta y emparentadas), primeros milpiés y miriápodos arthropleuroideos en tierra. Primeros peces con mandíbula junto con gran variedad de peces acorazados agnatos, pueblan los mares. Los escorpiones marinos alcanzan gran tamaño. Corales tabulados y rugosos, braquiópodos (Pentamerida, Rhynchonellida, etc.), y crinoides todos abundantes. Trilobites y moluscos diversos;	423,0±2,3
			Ludlow *Ludloviano*	Ludfordiense *Ludfordiano*		425,6±0,9
				Gorstiense *Gorstiano*		427,4±0,5
			Wenlock *Wenlockiano*	Homeriense *Homeriano*		430,5±0,7
				Sheinwoodiense *Sheinwoodiano*		433,4±0,8
			Llandovery *Llandoveriano*	Telychiense *Telychiano*		438,5±1,1
				Aeroniense *Aeroniano*		440,8±1,2

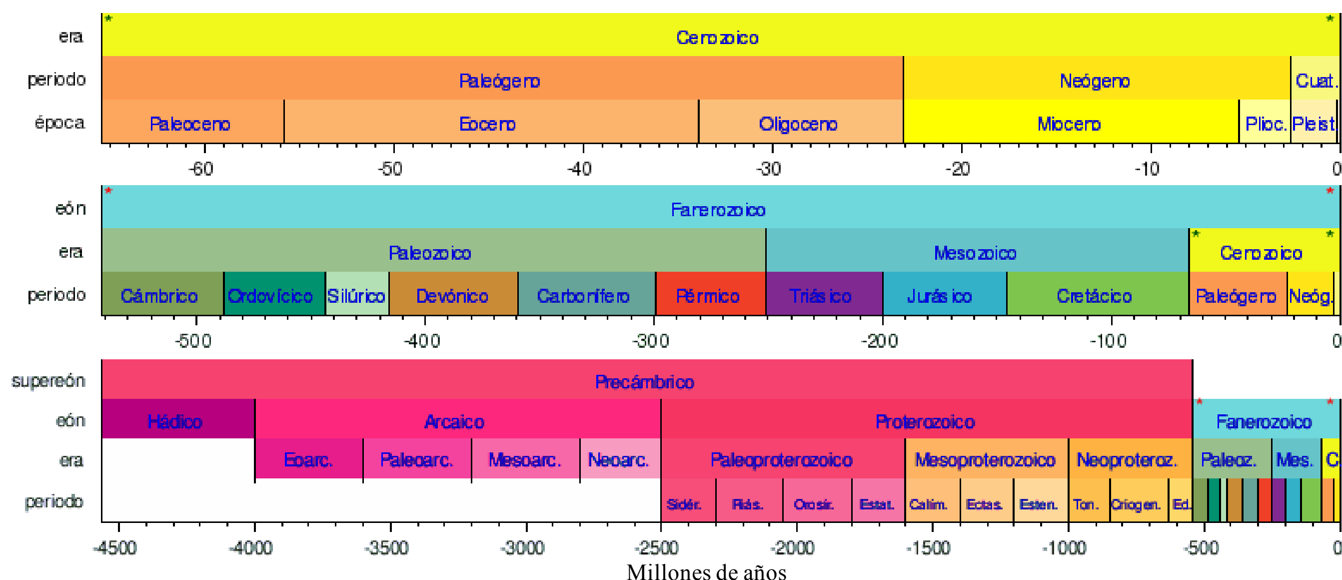
				Rhuddaniense *Rhuddaniano*	graptolites no tan variados.	443,8±1,5
		Ordovícico	Superior / Tardío	Hirnantiense *Hirnantiano*	Los invertebrados se diversifican en muchas formas nuevas (ej. cefalópodos de concha recta). Primeros corales, braquiópodos articulados (Orthida, Strophomenida, etc.), bivalvos, nautiloideos, trilobites, ostrácodos, briozoos, muchos tipos de equinodermos (crinoides, cistoideos, estrellas de mar, etc.), graptolites ramificados, y otros taxones todos comunes. Aparecen los conodontos (cordados planctónicos primitivos). Primeras plantas verdes y hongos en tierra. Glaciación al final del periodo.	445,2±1,4
				Katiense *Katiano*		453,0±0,7
				Sandbiense *Sandbiano*		458,4±0,9
			Medio	Darriwiliense *Darriwiliano*		467,3±1,1
				Dapingiense *Dapingiano*		470,0±1,4
			Inferior / Temprano	Floiense *Floiano*		477,7±1,4
				Tremadociense *Tremadociano*		485,4±1,9
		Cámbrico	Furongiense *Furongiano*	Piso/Edad 10	Elevada diversificación de las formas de vida en la explosión cámbrica. Aparecen la mayoría de los filos animales modernos, reemplazando a la fauna de Ediacara, que se ha extinguido. Aparecen los primeros cordados, junto con una gran variedad de filos problemáticos ya extintos. Abundan los arqueociatos formadores de arrecifes, luego desaparecen. Trilobites, gusanos priapúlidos, esponjas, braquiópodos inarticulados, y muchos otros animales son abundantes. Los	~489,5[13]
				Jiangshaniense *Jiangshaniano*		~494
				Paibiense *Paibiano*		~497
			Serie/Época 3	Guzhangiense *Guzhangiano*		~500,5
				Drumiense *Drumiano*		~504,5
				Piso/Edad 5		~509[13]
			Serie/Época 2	Piso/Edad 4		~514[13]
				Piso/Edad 3		~521[13]
			Terreneuviense *Terreneuviano*	Piso/Edad 2		~529[13]
				Fortuniense *Fortuniano*		541,0±1,0

						anomalocáridos son depredadores gigantes. Procariotas, protistas (ej. foraminíferos), hongos y algas persisten hasta el día de hoy. Pannotia se escinde en Gondwana y en otros continentes menores.	
Precámbrico[14]	Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacárico *Ediacariano*			La biota ediacárica florece en todos los mares. Pistas fósiles de posibles animales vermiformes (*Planolites*). Primeras esponjas y trilobitomorfos. Formas enigmáticas que incluyen numerosos organismos blandos parecidos a bolsas, discos o colchas (como *Dickinsonia*).	~635
			Criogénico *Criogeniano*			Glaciación global ("Tierra bola de nieve"). Los fósiles aún son raros. El continente Rodinia comienza a fragmentarse.	~720
			Tónico *Toniano*			Persiste el supercontinente Rodinia. Trazas fósiles de eucariotas multicelulares simples. Primera diversificación de acritarcos parecidos a dinoflagelados.	1000[15]
		Mesoproterozoico	Esténico *Steniano*			Surgen estrechos cinturones metamórficos debidos a la orogenia al formarse el supercontinente Rodinia.	1200[15]
			Ectásico *Ectasiano*			Los depósitos sedimentarios sobre las plataformas continúan expandiéndose. Colonias de algas verdes pueblan los mares.	1400[15]
			Calímico *Calymmiano*			Desarrollo de depósitos sedimentarios o volcánicos sobre las plataformas existentes.	1600[15]
		Paleoproterozoico	Estatérico *Statheriano*			Primeras formas de vida unicelulares complejas: protistas con núcleo. Formación del primer supercontinente, Columbia.	1800[15]
			Orosírico *Orosiriano*			La atmósfera se vuelve oxigénica. Impactan dos asteroides, ocasionando los cráteres de Vredefort (2020 Ma) y de Sudbury (1850 Ma). Orogenia intensa.	2050[15]
			Riásico *Rhyaciano*			Formación del Complejo Bushveld. Glaciación Huroniana.	2300[15]
			Sidérico *Sideriano*			La Gran Oxidación: formaciones de hierro bandeado.	2500[15]
	Arcaico *Arqueano*	Neoarcaico *Neoarqueano*				Estabilización de los cratones modernos.	2800[15]
		Mesoarcaico *Mesoarqueano*				Se expanden los estromatolitos (probablemente cianobacterias coloniales).	3200[15]
		Paleoarcaico *Paleoarqueano*				Primeras bacterias productoras de oxígeno conocidas. Primeros microfósiles de probables microorganismos procariotas bentónicos en la formación Apex Chert (Warrawoona, Australia), hace 3465 Ma y primeros estromatolitos, en Sudáfrica y Australia hace 3500 Ma.[16]	3600[15]
		Eoarcaico *Eoarqueano*				Primeras formas de vida unicelulares (probablemente bacterias y puede que arqueas). Microfósiles inciertos más antiguos. Primeras moléculas de RNA auto-replicantes. Marcadores químicos de actividad bacteriana en rocas de hace 3800 Ma en Groenlandia.[16] Máxima actividad de impactos meteoríticos del "Bombardeo intenso tardío" en el Sistema Solar interior (~3920 Ma).[17] Inicio de la cristalización del núcleo interno y generación del campo magnético terrestre (~4000 Ma).	4000
	Hádico *Hadeano* [18] [19]					Mineral más antiguo conocido: un zircón de 4400 Ma.[20] Supuesta formación de la Luna a partir de material arrancado de la Tierra por el choque con Theia hace ~4533 Ma.	~4600

		Supuesta formación de la Tierra por acreción de planetesimales hace aproximadamente unos 4567 Ma.	

Cronograma a escala

El siguiente diagrama muestra la duración a escala de las divisiones principales. El primer y segundo cronograma representan, cada uno, subsecciones de la parte marcada con asteriscos en el que tienen inmediatamente debajo.



Véase también

- Geología histórica
- Historia de la Tierra
- Escala de tiempo geológico lunar
- Escala de tiempo geológica de Marte
- Sección y punto de estratotipo de límite global
- Imagen de un reloj geológico (Eón)
- Un reloj geológico con los periodos y eventos más importantes (Commons)

Referencias

1. Gradstein, F. M.; Ogg, J. G.; Smith, A. G.; Bleeker, W. y Lourens, L. J. (2004). «A new Geologic Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene». *Episodes* **27** (2): 83-100.
2. Fernández López, S. (1997). «Fósiles de intervalos sin registro estratigráfico: una paradoja geológica». En Aguirre, E.; Morales, J. y Soria, D. *Registros fósiles e Historia de la Tierra*. Madrid: Editorial Complutense, Cursos de Verano de El Escorial. pp. 79-105. ISBN 84-89365-92-X.
3. Cohen, K. M.; Finney, S.; Gibbard, P. L. y Fan, J. X. (2015). «International Chronostratigraphic Chart» (http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale) (en inglés). Comisión Estratigráfica Internacional. Consultado el 25 de marzo de 2015.
4. Vera Torres, J. A. (1994). *Estratigrafía. Principios y métodos*. Madrid: Editorial Rueda, S.L. p. 806. ISBN 84-7207-074-3.
5. Remane, J.; Bassett, M. G.; Cowie, J. W.; Gohrbandt, K. H.; Lane, H. R.; Michelsen, O. y Naiwen, W. (1996). «Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS)» (http://www.stratigraphy.org/upload/Remane1996.pdf). *Episodes* **19** (3): 77-81.
6. Pellé, J. M. (2006). «Standard Color Codes for the Geological Time Scale» (https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/charts/rgb.html) (PDF) (en inglés). Comisión del Mapa Geológico del Mundo.
7. Reguant, S. y Ortiz, R. (2001) «Guía estratigráfica internacional (versión abreviada) (http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/14(3-4)/Art10.pdf)». *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **14**(3-4): 270-293 (Pág. 293, nota 8)
8. Tabla Cronoestratigráfica Internacional (http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01Spanish.pdf) (Primera versión en español, enero de 2013)
9. Tabla Cronoestratigráfica Internacional (http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-04SpanishAmerDraft.pdf) (Borrador de la adaptación al español de América, abril de 2016)
10. Tradicionalmente se han usado Terciario y Cuaternario en lugar del actual Cenozoico, con rango de eratemas o eras, usándose Cenozoico como sinónimo de Terciario y subdividido a su vez en Paleógeno y Neógeno. También se puede encontrar Terciario y Cuaternario como sub-eras dentro del eratema o era Cenozoica. Actualmente, en el 2009, el término Terciario (y la subdivisión correspondiente dentro de Cenozoico) ha dejado de ser reconocido por la Comisión Internacional de Estratigrafía para la escala global, quedando el Cenozoico dividido en los sistemas o periodos Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.
11. El piso Tarantiense fue aceptado en 2008 por la Comisión Internacional de Estratigrafía, pero está pendiente de ratificar

por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas [1] (https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/gssp/)
12. En Europa se ha distinguido tradicionalmente un único sistema o periodo, el Carbonífero, no contemplado en Norte América, donde se han usado en su lugar Misisípico y Pensilvánico con el mismo rango de sistema o periodo.
13. Algunos pisos o edades del Cámbrico son unidades informales, pendientes de establecer por la Comisión Internacional de Estratigrafía.
14. El Precámbrico, también conocido como Criptozoico, no está reconocido como unidad formal.
15. Límite inferior definido por edad absoluta (unidad geocronométrica).
16. Liñán, E.; Gámez Vintaned, J. A. y Gozalo, R. (2009) «Origen y diversificación de los animales pluricelulares». En: Martínez Chacón, M. L. y Rivas, P. (eds.) *Paleontología de Invertebrados*. Madrid, Oviedo, Granada: Sociedad Española de Paleontología, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada e Instituto Geológico y Minero de España: 13-31
17. Cohen, B. A.; Swindle, T. D. y Kring, D. A. (2000). «Support for the Lunar Cataclysm Hypothesis from Lunar Meteorite Impact Melt Ages». *Science* **290** (5497): 1754-1755. doi:10.1126/science.290.5497.1754 (http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.290.5497.1754).
18. Aunque de uso muy extendido, el Hádico, también llamado Azoico, no está formalmente definido como eonotema o eón, y no hay acuerdo para el límite inferior del Arcaico.
19. Algunos autores subdividen el Hádico según la escala de tiempo geológico lunar (Harland, W.; Armstrong, R.; Cox, A.; Craig, L.; Smith, A. y Smith, D. (1990). *A Geologic time scale 1989*. Cambridge University Press).
20. Halliday A. N. (2001). «In the beginning ...» (http://www.es.ucsc.edu/~pkoch/EART_206/09-0113/Supplemental/Halliday%2001%20Nat%20409-144.pdf). *Nature* **409**: 144-145. doi:10.1038/35051685 (http://dx.doi.org/10.1038%2F35051685).

Enlaces externos

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Escala temporal geológica**.
- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Reloj geológico con los periodos y eventos más importantes**. (terminología).
- U.S. Geological Survey Geologic Names Committee (2007). «Divisions of geologic time—Major chronostratigraphic and geochronologic units:» (http://pubs.usgs.gov/fs/2007/3015/). *U.S. Geological Survey Fact Sheet 2007-3015* (en inglés). Consultado el 14 de marzo de 2010.
- «The Paleobiology Database» (http://web.archive.org/web/http://flatpebble.nceas.ucsb.edu/cgi-bin/bridge.pl?action=startScale) (en inglés). Archivado desde el original (http://flatpebble.nceas.ucsb.edu/cgi-bin/bridge.pl?action=startScale) el 27 de noviembre de 2015. Consultado el 19 de marzo de 2006. Extensa base de datos.
- Comisión Internacional de Estratigrafía. «Tabla estratigráfica internacional» (http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale) (en inglés). Consultado el 14 de abril de 2013.
- Comisión Internacional de Estratigrafía. «Lista de secciones y puntos de estratotipos de límite globales» (http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-gssps) (en inglés). Consultado el 19 de abril de 2015.